

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشکده علوم زمین

گروه تکتونیک

بررسی اثرات نوزمین‌ساختی گسل میناب بر ساختگاه سد

استقلال میناب و نشت آب از مخزن آن

موسی کردوانی

استاد راهنما:

دکتر رمضان رضانی اومالی

استاد مشاور:

دکتر ناصر حافظی مقدس

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود



مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره :
تاریخ :
ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای موسی کردوانی رشته زمین شناسی گرایش تکتونیک تحت عنوان بررسی اثرات نوزمین ساختی گسل میناب بر ساختگاه سد استقلال میناب و نشت آب از مخزن آن که در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : بسیار خوب امتیاز ۱۸/۴۳) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹) ۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر رمضان رمضانی اومالی	استاد	
۲- استاد مشاور	دکتر ناصر حافظی مقدس		
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر جعفری	استاد	
۴- استاد ممتحن	دکتر پرویز امیدی	استاد	
۵- استاد ممتحن	دکتر غلامعباس کاظمی	استاد	

رئیس دانشکده :

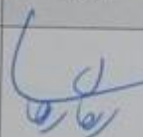

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین
گروه تکتونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای موسی کردوانی
تحت عنوان: بررسی اثرات نوزمین ساختمی گسل میناب بر ساختمان سد استقلال میناب و نشت
آب از مخزن آن

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۶ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد
مورد ارزیابی و با درجه بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	اعضا	اساتید مشاور	اعضا
نام و نام خانوادگی: دکتر رمضان رضایی اومالی		نام و نام خانوادگی: دکتر ناصر حافظی مقدس	

اساتید داور	اعضا	نماینده تحصیلات تکمیلی	اعضا
نام و نام خانوادگی: دکتر غلامحسین کائلی		نام و نام خانوادگی: دکتر هادی جعفری	
نام و نام خانوادگی: دکتر پرویز آسیدی			

تعهد نامه

اینجانب موسی کردوانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی گرایش تکتونیک دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی اثرات نوزمین ساختی گسل میناب بر ساختگاه سد استقلال میناب و نشت آب از مخزن آن تحت راهنمایی دکتر رمضان رضانی اومالی متعهد می

شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

تقدیم بہ پدر و مادرم

بہ پاس عاطفہ و کرمای امید بخش و جودشان

و تقدیم بہ ہمسرمہربانم

تقدیر و تشکر

این چرخ فلک که مادر او حیرانیم
فانوس خیال از و مثالی دانیم
خورشید چراغدان و عالم فانوس
ما چون صوریم کاگذار و حیرانیم

خیام

با پاس از لطف و عنایت پروردگار متعال که لطف بی‌منتش همیشه شامل حال من بوده است و هر آنچه که دارم و خواهم داشت از کرم و بخشش اوست. بدون شک پشتیبانی و مهربانی خانواده عزیزم اصلی‌ترین عامل موفقیت اینجانب در طول زندگی‌ام بوده و خواهد بود و محبتتان را پاس می‌گویم و از نگاه خداوند متعال برای آن‌ها آرزوی سعادت روز افزون دارم. همچنین از خانواده محترم به‌سرم به پاس همراهی‌شان در این مدت کمال تشکر و قدردانی را دارم. بویژه از همسر مهربانم که امید بخش زندگیم و همیشه مشوق و یاری‌رسان من در زندگی و تحصیل بوده است.

از اساتید کرامت و بزرگوارم جناب آقای دکتر رمضان رمضان‌ی اومالی و جناب آقای دکتر ناصر حافظی مقدس به پاس هدایت و راهنمایی اینجانب، در طول انجام این پایان‌نامه تشکر و قدردانی می‌کنم.

از مدیریت محترم دانشکده علوم زمین جناب آقای دکتر کریمی و همچنین آقای دکتر امیری، آقای دکتر صادقیان، آقای دکتر کاظمی، آقای مهندس خانعلیراده و سرکار خانم فارسی برای زحماتشان در مدت تحصیل اینجانب در این دانشگاه پاس‌گزار می‌کنم.

در نهایت از تمامی دوستان و بھکلا سیاهیم آقایان محسن قاسمی، حسین قاسم‌زاده، عبدالوهاب افروغ، محسن محمودی نیکو، سلمان فتحی، اکبر نورافکن، محمد غربی، مهدی سعیدیان، وحید فریضانی، محرزارع، عبدال... شمس‌ی و تمامی کسانی که به هر نحوی در به‌شرف رسیدن این پایان‌نامه نقشی داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را

دارم.

کلیه حقوق مادی مرتبط از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.

بهمن ۱۳۹۰

چکیده

گستره مورد مطالعه در شهرستان میناب در خاور استان هرمزگان، و در فصل مشترک دو پهنه ساختاری - رسوبی زاگرس و مکران واقع شده است. دگرریختی اصلی در گستره مورد مطالعه با سازوکار چین خوردگی و گسلش صورت گرفته است. ساختارهای ناحیه که تاق‌دیس‌ها و ناودیس‌های موازی هستند دارای روند عمومی شمالی-جنوبی تا شمال باختری-جنوب خاوری می‌باشند. بیشترین تغییرات در محدوده مطالعاتی در اطراف گسل میناب می‌باشد. رشد چین‌ها تحت تأثیر گسل‌های معکوسی است که مرتبط با گسل میناب می‌باشند.

در این تحقیق که در محدوده سد میناب و پیرامون آن صورت گرفته، در راستای نیل به اهداف، پژوهش در دو مرحله دنبال شده است. ابتدا فعالیت نوزمین ساختی منطقه مورد بررسی قرار گرفته و سپس جهت ارزیابی نفوذپذیری و فرار آب از توده‌های سنگی مخزن سد میناب مطالعات دفتری و میدانی صورت گرفته است. در بررسی زمین ساختی و فعالیت‌های نوزمین ساختی منطقه، گسل میناب مورد مطالعه قرار گرفت. گسل میناب در بخش شمالی خود، رسوبات کواترنری را تحت تأثیر قرار داده و آن‌ها را قطع کرده است. در یک مورد در خاور جاده میناب - بندرعباس و نزدیکی روستای دم‌شهر جایی که گسل میناب مرز آبرفت و کوه می‌باشد، شواهدی از این گسل بر روی رسوبات کواترنری در ترانشه حفر شده جهت پروژه‌های عمرانی مشاهده می‌شود و همچنین آثار برشی این گسل در تراس رودخانه‌ای در شمال خاوری روستای دم‌شهر بیانگر فعالیت کواترنری این گسل می‌باشد. از دیگر شواهد فعالیت‌های این گسل می‌توان به دگرریختی‌های ترشیری-کواترنری مرتبط با این گسل از جمله: (۱) جابجایی راستگرد به میزان حداکثر ۱/۵ متر در گنگلومرای میناب به سن پلیوسن و لایه‌های ماسه‌سنگی خکو، (۲) آثار و شواهدی از رواندگی‌هایی با جابجایی در مقیاس سانتیمتر در نزدیکی گسل میناب، (۳) ساختارهای کینک توسعه یافته توسط تعدادی گسل معکوس منشعب شده از گسل میناب در رسوبات میوسن - پلیوسن، (۴) چین‌های مرتبط با راندگی که همگی مرتبط با گسل میناب می‌باشند و در لایه‌هایی به سن میوسن - پلیوسن رخ داده‌اند، (۵) لغزش‌های رخ داده در مخزن سد میناب در امتداد گسل میناب و در اثر عملکرد این گسل، اشاره کرد که همگی حاکی از فعالیت‌های جدید این گسل می‌باشند. پس از اثبات فعالیت نوزمین ساختی گسل میناب در محدوده طرح، مطالعات بر روی مرحله دوم پژوهش یعنی ارزیابی نفوذپذیری و فرار آب از توده‌های سنگی مخزن سد با توجه به فعالیت گسل میناب متمرکز می‌شود. در این مرحله توده‌های سنگی اطراف سد در قالب ۵ قطعه در هر جناح از نظر دو تقسیم بندی GSI و RQD مورد بررسی قرار گرفتند نتایج بدست آمده حاکی از مقادیر GSI تعیین شده در یک رنج ۳۲ تا ۴۸ برای کل توده‌های سنگی مخزن که شرایط شدیداً بلوکی و بلوکی بهم ریخته را دارا می‌باشند، است که در قطعه‌های مختلف با توجه به جنس و تعداد دسته درزه‌ها و خصوصیات آن‌ها متغییر است. همچنین در این مطالعات، RQD نسبتاً یکنواختی برای توده‌های سنگی هوازده در سطح برآورد شده که از نظر توصیف دیپیر (Deere, 1968) معمولاً متوسط و ضعیف شناخته شده‌اند و در مواردی مثل پهنه خرد شده گسل میناب از نظر کیفیت در درجه خیلی ضعیف معرفی می‌شوند. در ادامه با توجه به RQD بدست آمده جهت تعیین نفوذپذیری توده‌های سنگی و حجم آب نفوذی از این سنگ‌ها از مدل تجربی HC که بر پایه چهار پارامتر DI, RQD, GCD و LPI استوار است استفاده شده است که نتایج بدست آمده به صورت زیر می‌باشد:

- ارزیابی نفوذپذیری توده‌های سنگی بر اساس مدل تجربی استفاده شده بیانگر نفوذپذیری بیشتر برای توده‌های سنگی متأثر از فعالیت‌ها و عملکرد گسل میناب در مخزن و همچنین پهنه خرد شده گسل میناب می‌باشد.

- بر اساس نفوذپذیری بدست آمده از هر قطعه در دو جناح سد و همچنین Q دبی جریان مربوط به آن‌ها می‌توان گفت که توده‌های سنگی متأثر از گسل میناب و پهنه خرد شده این گسل از مهمترین محل‌ها و همچنین توده‌های سنگی در تکیه‌گاه-های محور سد که در حالت بحرانی دارای گرادیان هیدرولیکی زیادی است و باعث انتقال میزان قابل توجهی آب به درون رودخانه پایین دست سد می‌شود، محل‌های مستعد و اصلی در فرار آب به شمار می‌روند.

- دبی جریان آب نفوذی در مخزن در حالت حداکثر تراز آب، با توجه به نفوذپذیری بدست آمده توسط مدل HC و بر اساس حداکثر نفوذپذیری $2/93 \times 10^{-6}$ متر بر ثانیه برابر با $0/062$ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد که باعث فرار آب $1/98$ میلیون متر مکعب در سال می‌شود.

- نتایج بر اساس نفوذپذیری تعریف شده (نفوذپذیری آستانه 10^{-5})، نشان می‌دهد که دبی جریان آب نفوذی در مخزن در حالت حداکثر تراز آب، با توجه به نفوذپذیری بدست آمده توسط مدل HC برابر با ۰/۲۹ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد که باعث فرار آب ۹/۲۱ میلیون متر مکعب در سال می‌شود.

کلمات کلیدی: سد میناب، گسل میناب، نوزمین ساخت، نفوذپذیری توده‌های سنگی، سیستم HC

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- برآورد خطر زمین لرزه در ساختگاه سد استقلال میناب به روش احتمالاتی، پنجمین همایش تخصصی زمین شناسی ۱۳۹۰، دانشگاه پیام نور مرکز ابهر، نوع ارائه سخنرانی.
- ۲- ارزیابی نفوذپذیری توده‌های سنگی و فرار آب از مخزن سد میناب با استفاده از مدل تجربی HC، سی‌امین گردهمایی علوم زمین اسفند ماه ۱۳۹۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نوع ارائه سخنرانی.

فهرست مطالب

چکیده.....	و
فهرست مطالب.....	ط
فهرست شکل‌ها.....	ل
فهرست جداول.....	س
Error! Bookmark not defined.	
فصل اول: کلیات	
۱-۱- موقعیت جغرافیایی.....	۲
۱-۲- راه‌های ارتباطی.....	۳
۱-۳- وضعیت آب و هوایی.....	۳
۱-۴- مطالعات پیشین.....	۴
۱-۵- اهداف این پژوهش.....	۶
۱-۶- مراحل انجام پژوهش.....	۷
فصل دوم: زمین‌شناسی و تکتونیک منطقه	۸
مقدمه.....	۹
۱-۲- جایگاه و ویژگی‌های زمین‌شناختی منطقه.....	۹
۲-۲- کلیات زمین‌شناسی منطقه.....	۱۲
۳-۲- زمین‌ساخت منطقه.....	۱۲
۴-۲- تحولات تکتونیکی منطقه.....	۱۴
۵-۲- جایگاه لرزه‌زمین‌ساختی گستره مورد مطالعه.....	۱۴
۶-۲- ساز و کار چیره گسل‌ها در گستره مورد مطالعه.....	۱۵
۷-۲- چین‌نگاری منطقه مورد مطالعه.....	۱۶
۱-۷-۲- واحدهای سنگی مزوزوئیک.....	۱۶
۱-۱-۷-۲- واحدهای کرتاسه پسین.....	۱۶
۲-۷-۲- واحدهای سنگی سنوزوئیک.....	۱۶
Error! Bookmark not defined.	۱-۲-۷-۲- واحد سبز (میوسن).....
Error! Bookmark not defined.	۲-۲-۷-۲- واحدهای سنگی مکران (پلیوسن).....
۳-۲-۷-۲- مارن گیوشی.....	۱۷
۴-۲-۷-۲- کنگلومرای میناب.....	۱۸
۵-۲-۷-۲- ماسه‌سنگ خکو.....	۱۸
۶-۲-۷-۲- کنگلومرای پالامی.....	۱۹
۷-۲-۷-۲- کنگلومرای پلیوسن.....	۱۹
۳-۷-۲- رسوبات کواترنری.....	۱۹
فصل سوم: زمین‌شناسی ساختمانی	۲۱
مقدمه.....	۲۲
۱-۳- ساختارهای مهم منطقه مورد مطالعه.....	۲۲
۲-۳- معرفی گسل‌های مهم و اصلی گستره مورد مطالعه.....	۲۲
۱-۲-۳- پهنه گسلی میناب - زندان.....	۲۲

۲۳	..... ۱-۱-۲-۳- گسل میناب
۲۵	..... ۲-۱-۲-۳- گسل زندان
۲۵	..... ۲-۲-۳- گسل پالامی
۲۷	..... ۳-۳- چین‌های اصلی موجود در منطقه مطالعاتی
۲۷	..... ۱-۳-۳- تاقدیس میناب
۲۸	..... ۲-۳-۳- تاقدیس کهتک
۲۹	..... ۴-۳- تحلیل هندسی و جنبشی ساختارهای منطقه
۳۰	..... ۵-۳- چین‌های منطقه
۵۲	..... ۶-۳- درزه‌ها
۵۴	..... ۷-۳- تجزیه و تحلیل شکستگی‌های منطقه مطالعاتی
۵۵	..... ۸-۳- تعیین راستای تنش اصلی وارد بر منطقه مطالعاتی
۵۵	..... ۱-۸-۳- تعیین موقعیت محورهای استرین با استفاده از سطح محوری چین‌ها
۵۸	..... ۹-۳- دگرریختی‌های ترشیری - کواترنری مرتبط با گسل میناب
۵۸	..... ۱-۹-۳- بررسی فعالیت‌های نوزمین‌ساختی
۶۷	..... ۲-۹-۳- بررسی شواهد نوزمین‌ساختی در منطقه مطالعاتی
۶۱	..... ۱-۲-۹-۳- دگرریختی‌های مرتبط با گسل میناب در مخزن سد استقلال میناب
۶۳	..... ۲-۲-۹-۳- آثار و شواهدی از فعالیت‌های پیرامون گسل میناب
۶۴	..... فصل چهارم: نقش زمین‌شناسی ساختاری در تراوش و آبگذری از سد میناب
۶۵	..... مقدمه
۶۶	..... ۱-۴- تراوش یا فرار آب از مخازن و تکیه‌گاه‌های سد
۶۷	..... ۲-۴- روش شناسایی تراوش یا فرار آب از مخازن و تکیه‌گاه‌های سدها
۶۷	..... ۱-۲-۴- استفاده از ردیاب‌ها
۶۸	..... ۲-۲-۴- استفاده از بررسی‌های زمین‌شناسی
۶۸	..... ۳-۲-۴- مطالعات ژئوفیزیکی و اکتشافی
۶۹	..... ۴-۲-۴- مطالعات هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی
۶۹	..... ۱-۴-۲-۴- ارزیابی بیلان دریاچه سد
۷۰	..... ۲-۴-۲-۴- بررسی چشمه‌های پایین دست
۷۱	..... ۳-۴-۲-۴- بررسی تغییرات آب زیرزمینی پایین دست
۷۱	..... ۴-۴-۲-۴- چاه‌های پیزومتری
۷۲	..... ۵-۲-۴- روش‌های سنجش از دور (داده‌های حرارتی)
۷۳	..... ۳-۴- ارزیابی آبگذری پی و تکیه‌گاه‌های سد
۷۳	..... ۱-۳-۴- آزمایش‌های صحرایی
۷۴	..... ۲-۳-۴- استفاده از روش‌های درزه آماری
۷۴	..... ۱-۲-۳-۴- خصوصیات و منشاء مسیرهای هیدرولیکی
۷۸	..... ۴-۴- ارزیابی نفوذپذیری توده‌های سنگی به روش تجربی
۷۹	..... ۵-۴- رابطه بین RQD و نفوذپذیری توده‌های سنگی
۸۰	..... ۱-۵-۴- تعیین درجه کیفیت سنگ (RQD) (Rock Quality Designation)
۸۰	..... ۲-۵-۴- شاخص عمق (DI) (Depth Index)
۸۱	..... ۳-۵-۴- تعیین نوع گوج (GCD) (Gouge Content Designation)

۸۲	.....(Lithology Permeability Index) (LPI) شاخص نفوذپذیری لیتولوژی
۸۳	.....سیستم نفوذپذیری توده سنگ
۸۴	.....ارزیابی فرار آب از سد میناب
۸۵	.....۱-۶-۴ زمین‌شناسی محور سد
۸۶	.....۲-۶-۴ بررسی بیلان مخزن و ارزیابی تراوش آب
۸۸	.....۳-۶-۴ بررسی تغییرات تراز آب پایین دست
۹۱	.....۱-۳-۶-۴ تفسیر هیدروگراف واحد دشت
۹۲	.....۴-۶-۴ بررسی نفوذپذیری سنگ‌ها و برآورد پهنه‌های فرار آب
۹۳	.....۱-۴-۶-۴ ارزیابی نفوذپذیری رخنمون‌های سنگی اطراف سد
۹۴	.....۱-۱-۴-۶-۴ بررسی سیستم ناپیوستگی‌ها (نتایج حاصل از مطالعه ناپیوستگی‌ها)
۱۰۰	.....۲-۴-۶-۴ تقسیم‌بندی توده‌های سنگی به روش RQD و GSI
	Error! Bookmark not defined......۱-۲-۴-۶-۴ شاخص مقاومت زمین‌شناسی GSI
۱۰۳	.....۲-۲-۴-۶-۴ ارزیابی کیفی توده سنگ با استفاده از شاخص کیفیت سنگ RQD
۱۰۸	.....۳-۴-۶-۴ نفوذپذیری توده سنگ‌های مخزن سد میناب
۱۰۹	.....۴-۴-۶-۴ محاسبه حجم آب نفوذی در توده‌های سنگی و ارزیابی پهنه‌های فرار آب
۱۱۲	.....۵-۴-۶-۴ اثر گسل میناب در فرار آب از سد میناب
۱۱۸	.....۷-۴ جمع بندی
	Error! Bookmark not defined. فصل پنجم نتیجه‌گیری
	Error! Bookmark not defined. ۱-۵ نتیجه‌گیری

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱- تصویر ماهواره‌ای به همراه وضعیت توپوگرافی منطقه..... ۲
- شکل ۱-۲- نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه..... ۳
- شکل ۱-۳- زونهای ساختاری اصلی در نقشه زمین شناسی ایران و موقعیت منطقه بین زون زاگرس و مکران..... ۱۳
- شکل ۲-۲- تقسیم بندی استان‌های لرزه‌زمین ساختی فلات ایران..... ۱۵
- شکل ۱-۳- تصویر ماهواره لندست ۷ نشان دهنده موقعیت مکانی گسل‌های میناب، زندان و پالامی..... ۲۴
- شکل ۲-۳- خش‌لغز در سطح گسل پالامی که بیانگر ریک 35SE (دید بسمت شمال‌خاور). **Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۳-۳- تصویر ماهواره لندست ۷ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر از گسل پالامی..... ۲۶
- شکل ۴-۳- برش عرضی کوه زندان که ساختار گل سرخی مثبت پیشنهاد شده توسط Regard, 2004..... ۷۲
- شکل ۵-۳- نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه و مکان برداشت‌های صحرایی صورت گرفته..... ۳۱
- شکل ۶-۳- جانمایی ایستگاه A بر روی عکس هوایی با مقیاس ۱/۴۰۰۰۰..... ۳۳
- شکل ۷-۳- الف) نمایی از چین شماره ۱ ب) طرح شماتیک از بازسازی چین گسترش گسلی..... ۳۴
- شکل ۸-۳- تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) به همراه لایه بندی مربوط به چین ۱..... ۳۵
- شکل ۹-۳- نمایی از چین شماره ۲ در قسمت شرقی مقطع CD..... ۳۶
- شکل ۱۰-۳- طرحی از چین گسترش گسلی در شکل ۳-۱۳ الف..... ۳۷
- شکل ۱۱-۳- نمایی از چین شماره ۳ در مقطع CD و قسمت جنوبی ایستگاه A..... ۳۸
- شکل ۱۲-۳- طرحی از چین گسترش گسلی در جنوب ایستگاه A..... ۳۸
- شکل ۱۳-۳- ریک خش‌لغز با جهت‌یابی 68NE در صفحه گسلی در تونل حفر شده..... ۳۹
- شکل ۱۴-۳- جانمایی ایستگاه‌های B, C, D و E بر روی عکس هوایی با مقیاس ۱/۴۰۰۰۰..... ۴۰
- شکل ۱۵-۳- تصویر چین شماره ۴ واقع شده در ایستگاه B..... ۴۱
- شکل ۱۶-۳- طرح بازسازی شده شامل هندسه و گسترش بعد از فرسایش چین گسترش گسلی در شکل ۳-۱۹..... ۴۲
- شکل ۱۷-۳- چین شماره ۵، نمایی از چین گسترش گسلی برداشت شده در ایستگاه D که در ابتدای مقطع AB..... ۴۳
- شکل ۱۸-۳- چین شماره ۶، چین مرتبط با گسل، برداشت شده در ایستگاه C از شکل ۲-۲۰..... ۴۴
- شکل ۱۹-۳- چین شماره ۷، چین مرتبط با گسلش و فعالیت گسل میناب برداشت شده در ایستگاه D..... ۴۵
- شکل ۲۰-۳- ساختارهای کینک‌باندی توسعه یافته به وسیله گسل‌ها..... ۴۷
- شکل ۲۱-۳- بریده شدن لایه‌های ماسه‌سنگ و کنگلومرا توسط رورانندگی‌ها در طول رودخانه میناب..... ۴۸
- شکل ۲۲-۳- رورانندگی‌های موجود در طول رودخانه در مسیر پیمایش CD..... ۴۹
- شکل ۲۳-۳- ریک خش‌لغز با جهت‌یابی 78SW در صفحه گسلی برداشت شده در مسیر رودخانه میناب..... ۵۰
- شکل ۲۴-۳- تصویر شماتیک از مسیر رودخانه که نشان‌دهنده سیستم تراستی به همراه گسل‌های منشعب شده آن..... ۵۰
- شکل ۲۵-۳- دگرشکلی لایه‌های ماسه‌سنگی برداشت شده در مسیر پیمایش AB (ایستگاه E در شکل ۳-۱۸)..... ۵۱
- شکل ۲۶-۳- طرحی از دگرشکلی نشان داده شده در شکل ۳-۲۹..... ۵۲
- شکل ۲۷-۳- پراکندگی سیستم درزه‌ها بر روی نقشه زمین‌شناسی به همراه نمودار گل‌سرخی در هر ایستگاه..... ۵۳
- شکل ۲۹-۳- سیکلوگراف مربوط به سطح محوری چین‌های موجود در منطقه..... ۵۶
- شکل ۳۰-۳- روند عمومی شکستگی‌های منطقه..... ۵۷
- شکل ۳۱-۳- آثار گسل میناب در شمال‌خاوری روستای دم شهر..... ۶۰

- شکل ۳-۳۲- عملکرد گسل میناب به صورت دگرریختی و خردشدگی لایه‌های ماسه‌سنگی (به سمت جنوب خاور)..... ۶۰
- شکل ۳-۳۳- اثر گسل میناب با راستای N45W, 52SW در آبرفتهای شمال روستا دم شهر (به سمت جنوب خاوری)..... ۶۱
- شکل ۳-۳۴- چین خوردگی واحدهای سنگی به سن میوسن-پلیوسن در ارتباط با گسل میناب (به سمت جنوب)..... ۶۲
- شکل ۳-۳۵- لغزش توده سنگی در راستا و جهت شیب گسل میناب (دید به سمت جنوب)..... ۶۲
- شکل ۳-۳۶- گسلش واحد کنگلومرای میناب در اثر عملکرد پهنه گسلی میناب..... ۶۳
- شکل ۴-۱- نمایی از سد میناب و موقعیت لایه‌های ماسه‌سنگی نسبت به جهت جریان..... ۸۵
- شکل ۴-۲- درزه‌داری و گسل خوردگی یال خاوری تاقدیس میناب در محدوده مخزن سد میناب..... ۸۶
- شکل ۴-۳- نمودار نتایج بدست آمده از پردازش سطح تراز آب در برابر فرار آب..... ۸۷
- شکل ۴-۴- الف) نقشه تراز آب در دشت میناب ب) نقشه تراز آب در دشت کریان (برای اردیبهشت ۱۳۸۹)..... ۸۹
- شکل ۴-۵- هیدروگراف واحد دشت‌های میناب و کریان..... ۹۲
- شکل ۴-۶- الف) نمایی از شکستگی‌های سطحی پر شده توسط رس، ب) نمای نزدیک از مواد پرکننده جناح چپ..... ۹۶
- شکل ۴-۷- الف) نمودار گلسرخی ناپیوستگی‌ها، ب) کنتوردیاگرام کلیه ناپیوستگی‌ها، ج) نمایش تصویر استریوگرافیک سطوح ناپیوستگی (در تکیه‌گاه چپ)..... ۹۷
- شکل ۴-۸- الف) نمودار گلسرخی ناپیوستگی‌ها، ب) کنتوردیاگرام کلیه ناپیوستگی‌ها، ج) نمایش تصویر استریوگرافیک سطوح ناپیوستگی (در تکیه‌گاه راست)..... ۹۹
- شکل ۴-۹- نمایی از درزه‌داری توده‌های سنگی جناح راست در قطعه چهار..... ۱۰۰
- شکل ۴-۱۰- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه و قطعه‌بندی جناح‌های چپ و راست به همراه رزدیاگرام‌های نشان‌دهنده روند ناپیوستگی غالب در هر قطعه..... ۱۰۲
- شکل ۴-۱۱- نمودار برآورد شاخص مقاومت زمین‌شناسی (GSI) به همراه جایگاه قطعات مختلف هر جناح..... ۱۰۳
- شکل ۴-۱۲- نقشه قطعه‌بندی محدوده سد حاوی نقاط با GSI و RQD..... ۱۰۷
- شکل ۴-۱۳- طرح شماتیکی از نحوه قرارگیری سد و توده‌های سنگی در قطعه ۱..... ۱۱۱
- شکل ۴-۱۴- الف) اثر گسل میناب بر توده‌های سنگی به صورت خرد شدگی و لغزش توده عظیمی از ماسه‌سنگ، ب) بازشدگی به وجود آمده در امتداد گسل میناب در محدوده اطراف سد.....
- Error! Bookmark not defined.**
- شکل ۴-۱۵- طرح شماتیک از جانمایی و عرض پهنه برشی گسل میناب در مخزن سد میناب **Error! Bookmark not defined.**

فهرست جداول

- جدول ۳-۱- برداشت‌های صحرایی در مسیر AB ۳۲
- جدول ۳-۲- برداشت‌های صحرایی در مسیر CD ۳۲
- جدول ۳-۳- برداشت‌های صحرایی در مسیر EF ۳۲
- جدول ۴-۱- توصیف و دسته‌بندی‌هایی از شاخص نفوذپذیری سنگ‌شناسی. **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۲- خصوصیات سیستم درزه‌ها در تکیه‌گاه‌ها ۹۵
- جدول ۴-۳- مشخصات ناپیوستگی‌ها در قطعات جناح چپ ل
- جدول ۴-۴- مشخصات ناپیوستگی‌ها در قطعات جناح راست ۹۸
- جدول ۴-۵- شاخص GSI برای توده سنگ‌های ساختگاه سد میناب ۱۰۱
- جدول ۴-۶- توصیف سنگ بر اساس شاخص کیفی سنگ (RQD) (Deere, 1968) ۱۰۴
- جدول ۴-۷- توصیف توده سنگ بر اساس شمارش حجمی درزه‌ها (JV) (پالمستر ۱۹۸۲) ۱۰۵
- جدول ۴-۸- مقادیر RQD هر قطعه در جناح راست ۱۰۶
- جدول ۴-۹- مقادیر RQD هر قطعه در جناح چپ ۱۰۷
- جدول ۴-۱۰- نتایج محاسبه نفوذپذیری سنگ‌ها (K_{Hc}-MODEL) در جناح راست بر اساس تقسیم‌بندی HC و RQD **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۱۱- نتایج محاسبه نفوذپذیری سنگ‌ها (K_{Hc}- MODEL) در جناح راست بر اساس تقسیم‌بندی HC و RQD **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۱۲- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب در جناح راست. **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۱۳- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب در جناح چپ. **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۱۴- نتایج دبی نشت آب از قطعه ۱ در هر دو جناح. **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۱۵- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب از پهنه خرد شده گسل میناب در جناح چپ **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۱۶- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب از پهنه خرد شده گسل میناب در جناح راست **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۱۷- نتایج محاسبه نفوذپذیری سنگ‌ها (K_{Hc}- MODEL) در جناح راست بر اساس تقسیم‌بندی HC و RQD (طبق نفوذپذیری آستانه ۱۰^{-۵}) **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۱۸- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب در جناح راست (طبق نفوذپذیری آستانه ۱۰^{-۵}) **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۱۹- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب در جناح چپ (طبق نفوذپذیری آستانه ۱۰^{-۵}) **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۲۰- نتایج دبی نشت آب از قطعه ۱ در هر دو جناح (طبق نفوذپذیری آستانه ۱۰^{-۵}). **Error! Bookmark not defined.**
- جدول ۴-۲۱- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب از پهنه خرد شده گسل میناب در جناح چپ (طبق نفوذپذیری آستانه ۱۰^{-۵}) **Error! Bookmark not defined.**

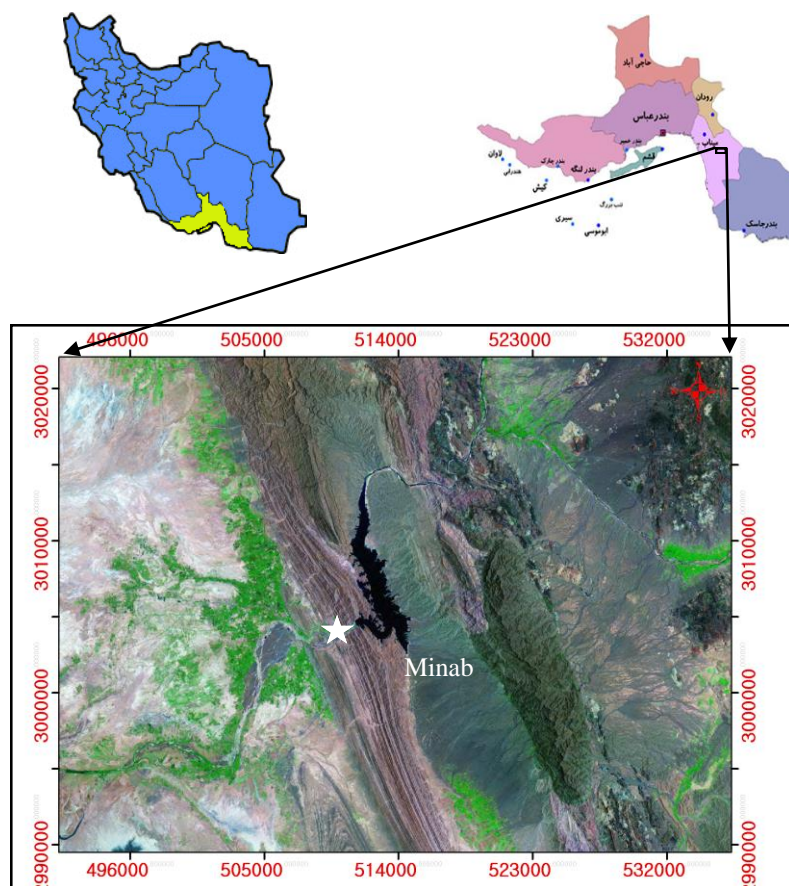
جدول ۴-۲۲- داده‌ها و نتایج بدست آمده برای پهنه خرد شده گسل میناب در جناح راست (طبق نفوذپذیری آستانه
۱۰-۵).....**Error! Bookmark not defined.**

فصل اول

کلیات

۱-۱- موقعیت جغرافیایی

محدوده مورد مطالعه در خاور بندرعباس و بین طول های جغرافیایی 57° تا $57^{\circ} 15'$ شرقی و عرض های جغرافیایی $27^{\circ} 05'$ تا $27^{\circ} 20'$ شمالی واقع شده است که بخشی از شهرستان میناب می باشد. این شهرستان از سوی شمال به شهرستان رودان، از باختر به شهرستان بندرعباس و خلیج فارس، از خاور به استان کرمان و از جنوب به شهرستان جاسک و تنگه هرمز محدود است. ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۲۷ متر است و مانند دیگر نواحی استان هرمزگان آب و هوای گرم و مرطوب دارد (شکل ۱-۱). ساختگاه سد میناب در خاور شهر میناب بر روی رودخانه میناب در دره ای نسبتاً عمیق قرار گرفته است که این رودخانه از ارتفاعات شمال خاوری خود سرچشمه می گیرد و پس از پیوستن دو شاخه اصلی رودان و جغین در محل برنطین شکل می گیرد.



شکل ۱-۱- تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه به همراه جانمایی سد میناب.

این سد از نوع بتنی وزنی پایه‌دار می‌باشد. ارتفاع آن از روی بستر اولیه رودخانه ۵۲/۵ متر و از روی پی ۵۹/۲۵ بوده و طول تاج آن برابر ۴۵۱ متر می‌باشد. تراز نرمال مخزن معادل ۹۸/۵ متر از سطح دریا و ترازهای حداکثر و حداقل بهره‌برداری از سد به ترتیب ۹۹/۴ و ۸۱ متر می‌باشد (شکل ۲-۱).

۲-۱- راه‌های ارتباطی

دسترسی به بیشتر قسمت‌های منطقه از طریق جاده‌های آسفالت‌بند عباس - میناب و میناب - کریان میسر می‌باشد. در این بین از جاده‌های خاکی و فرعی نیز می‌توان برای دسترسی بیشتر و کامل‌تر استفاده کرد که جاده میناب و راه‌های متعدد خاکی منشعب از این جاده و نیز جاده‌های منتهی به سد استقلال میناب، امکان پیمایش در این منطقه را فراهم می‌آورند. (شکل ۲-۱)



شکل ۲-۱- نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه.

۳-۱- وضعیت آب و هوایی

آب و هوای این منطقه که در نواحی ساحلی قرار گرفته گرم و مرطوب می‌باشد و بیشترین درجه حرارت در تابستانها ۴۹ درجه بالای صفر و کمترین آن در زمستانها ۵ درجه بالای صفر است و رطوبت نسبی آن ۶۰ درصد می‌باشد. اساس اقتصاد مردم را کشاورزی و ماهیگیری تشکیل می‌دهد. آب شیرین فراوان همراه با

خاک حاصل خیز دشت میناب، جایگاه مناسبی را برای کشاورزی در این ناحیه فراهم ساخته است (فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های کشور، ۱۳۶۲).

۱-۴ - مطالعات پیشین

مطالعاتی که در منطقه میناب صورت گرفته است، از جمله مطالعات نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میناب و چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ طاهروئی می‌باشد که توسط مورگان و مک کال (Morgan & Mc call, 1986) (چاپ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) ارائه شده‌اند و همچنین گزارش شماره ۵۴ سازمان زمین‌شناسی کشور با عنوان گسلش سنوزوئیک پسین در جنوب خاوری ایران قرشی (۱۳۶۳)، می‌توان اشاره کرد.

از جمله مطالعات محدودی که در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته می‌توان به پژوهش ریگارد و همکاران (Regard & et al, 2004) اشاره کرد. در این مقاله نقش گسل میناب - زندان در تطابق دادن همگرایی صفحه عربی - اوراسیا از طریق مطالعه تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و شواهد ریخت زمین ساختی نظیر جابجایی آبراهه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و جابجایی‌های اخیر آبراهه بر روی گسل میناب بین ۸۰ تا ۱۷۵ متر تشخیص داده شده است. ریگارد و همکاران (۲۰۰۴) نرخ لغزش را بر روی این زون گسلی بین $1/3 \pm 5/1$ mm/yr تا $1/5 \pm 6/6$ mm/yr برآورد نمودند. پیرت و همکاران (Peyret & et al, 2007) توزیع استرین امروزی بین سیستم گسل میناب - زندان - پالامی با استفاده از شبکه GPS را بررسی کرده‌اند.

- استونلی (Stoneley, 2005) با مطالعه بر روی گسل زندان معتقد است که چرخش خلاف ساعت بردارهای همگرایی بین دو صفحه عربستان و ایران در پلیو- پلیستوسن ساختارهای مجاور این پهنه گسلی را تحت تأثیر قرار داده است.

- بربریان (۱۹۹۵) بر پایه شواهد مورفوتکتونیک (رخمون توده‌های نمکی) و همچنین رخداد زمین لرزه‌ها در طول ساختارهای ژئومورفولوژیکی خاص، گسل‌های تراستی نهان را برای زاگرس معرفی کرد.

- بربریان (۱۹۷۶) زمین لرزه‌های ناحیه بندرعباس - حاجی آباد را مورد بررسی قرار داده که این بررسی حاصل گردآوری مشاهدات صحرایی و اطلاعات کتابخانه‌ای زلزله‌های بین بندرعباس - حاجی آباد در کمربند فعال چین خورده زاگرس می‌باشد.
- نیسن و همکاران (Nissen & et al, 2007) به بررسی زمین‌لرزه آذر ماه ۱۳۸۴ جزیره قشم پرداخته و ارتباط بین گسلش معکوس نهان و چین خوردگی را در کمربند چین خورده ساده زاگرس مورد بررسی قرار داده است.
- تاتار و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از اندازه گیری‌های GPS روند کوتاه‌شدگی زاگرس مرکزی را شمالی - جنوبی و نرخ آن را $10-12 \text{ mm/yr}$ محاسبه کردند.
- تاتار و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی ریز زمین لرزه‌ها به مطالعه زمین ساخت زاگرس مرکزی پرداخته و دریافتند که این زمین لرزه‌ها منطبق بر سطح جدایش فعال بین رسوبات و پی سنگ دگرگونه نمی‌باشند، بلکه دارای الگوی خطی با روند NNW-SSE می‌باشند که به موازات روند محور چین‌های سطحی قرار دارند.
- طالبیان و همکاران (۲۰۰۴) سازوکار ژرفی زمین لرزه‌های زاگرس و کوتاه شدگی فعال را در این کمربند مورد بررسی قرار داده است. به اعتقاد وی در بخش شمال باختری زاگرس، کوتاه شدگی به دو مولفه عمود بر راستای زاگرس و به موازات آن جدا شده است و در بخش جنوب خاوری زاگرس، جهت کوتاه شدگی عمود بر روند زاگرس می‌باشد.
- مطالعات دیگری که در منطقه صورت گرفته می‌توان به، مهندسین مشاور آبورزان (۱۳۷۴) گزارش‌های مطالعاتی توسعه منابع آب و آبخیزداری حوضه ی سد میناب، وزارت نیرو (۱۳۴۴) گزارش مقدماتی احداث سد میناب و پور رحیم (۱۳۸۷) بررسی زمین ساخت جنبا و خطر زمین‌لرزه-گسلش در گستره‌ای به شعاع ۱۰۰ کیلومتری پیرامون شهر بندرعباس، اشاره کرد.

۱-۵- اهداف این پژوهش

با توجه به گسل های مهم و ساختارهای مختلف موجود در منطقه و همچنین عبور گسل کواترنری میناب از داخل محدوده (دریاچه) سد استقلال میناب و پهنه برشی قابل توجه گسل که به نظر می‌رسد در فرار آب از دریاچه سد میناب نقش داشته باشد بررسی حرکات و هندسه گسل‌ها و درزه‌های موجود در منطقه و همچنین بررسی دقیق ساختارهای منطقه این امکان را بوجود می‌آورد که دیدگاهی دقیق تر در ارتباط با زمین شناسی ساختمانی منطقه مورد نظر ایجاد شود. به علاوه می‌تواند در مطالعات بعدی در زمینه های لرزه زمین ساخت، تحلیل ساختاری، و ارزیابی توان لرزه‌زایی گسل‌ها به عنوان اطلاعات پایه استفاده شود.

اهداف این تحقیق را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- ۱- بررسی پهنه گسلی میناب - زندان در منطقه مورد مطالعه و تاثیر آن بر سد استقلال میناب
- ۲- بررسی فعالیت های تکتونیکی و نئوتکتونیکی منطقه از طریق شواهد موجود
- ۳- شناخت ویژگی های تکتونیکی و ساختاری منطقه و اعمال این ویژگی ها در ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش فرار آب از دریاچه سد استقلال میناب
- ۴- ارزیابی نشت احتمالی آب از دریاچه سد میناب

۱-۶- مراحل انجام پژوهش

مراحل انجام این پژوهش به سه بخش قابل تقسیم می‌باشد:

- جمع آوری مدارک علمی : این مرحله شامل گردآوری اطلاعات و مقالات مرتبط با منطقه و همچنین تهیه نقشه‌های زمین شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه و مطالعه آنها جهت انتخاب مکان‌های مناسب برای انجام عملیات صحرایی با توجه به مستعد بودن آنها جهت برداشت‌های لازم در این پژوهش بود.

- مطالعات صحرایی: این مرحله به دو بخش زیر تقسیم می‌شود:

الف) بخش اول شامل اندازه‌گیری موقعیت هندسی سطوح گسلی، برداشت شیب و امتداد لایه و همچنین بررسی شواهد ریخت زمین ساختی و نوزمین ساختی ناشی از عملکرد گسل میناب.

ب) بررسی ساختگاه و تکیه‌گاه‌های سد استقلال میناب از نظر لیتولوژیکی و ساختاری، درزه‌نگاری، طبقه‌بندی توده‌های سنگی و تعیین نفوذپذیری آنها در مخزن سد از جمله مواردی است که در بخش دوم مطالعات صحرایی صورت گرفته است که در مجموع کل عملیات صحرایی ۲۵ روز و طی ۴ مرحله به طول انجامید.

- تحلیل و پردازش داده‌ها: این مرحله شامل تحلیل و تفسیر عکس‌های گرفته شده از منطقه و همچنین انجام عملیات نرم افزاری بر روی داده‌های برداشت شده جهت هر چه گویا نمودن اهداف پژوهش بوده است. در این پژوهش از نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، داده‌های SRTM (Shuttle Radar Thematic Maps)، تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و همچنین نرم افزارهای متعددی مانند Adobe illustrator CS3, StereoWin 1.2, TectonicsFP, Georient 9, Arc GIS 9.3, Global Mapper 12, DIPS 5.1, مورد استفاده قرار گرفته است.

فصل دوم

زمین شناسی عمومی

در این فصل ضمن مروری بر مطالعات زمین‌شناسی و ساختاری پهنه زاگرس و مکران، به تشریح برخی از مهمترین خصوصیات این پهنه‌ها خواهیم پرداخت. همچنین مهمترین واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه معرفی خواهند گردید.

۲-۱- جایگاه و ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه

جایگاه جغرافیایی منطقه و قرارگیری آن در فصل مشترک دو پهنه ساختاری - رسوبی زاگرس و مکران سبب گردیده تا جایگاه زمین‌شناسی و خصوصیات ساختاری ویژه‌ای داشته باشد. به همین لحاظ از نگاه زمین‌شناسی می‌توان منطقه را به دو پهنه جداگانه زاگرس و مکران تقسیم کرد. ویژگی‌های زمین‌شناسی عمومی و ساختاری دو پهنه مذکور را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

الف - پهنه زاگرس

نواحی واقع در شمال و باختر بندرعباس، پایانه جنوب خاوری کوه‌های زاگرس است که از دو زیر پهنه زاگرس مرتفع و زاگرس چین‌خورده تشکیل شده است که به بخش چین‌خورده آن پس بوم بندرعباس نام داده شده است. تفاوت عمده این دو زیر پهنه، در بخش مربوط به گستره مورد مطالعه، عمدتاً در راستای تفاوت‌های ساختاری است ولی از نظر توالی‌های سنگی تفاوت چندانی ندارد. در هر دو زیر پهنه واحدهای تکتونواستراتیگرافیک زیر را می‌توان شناسایی کرد.

۱- توالی‌های پلاتفرمی پرکامبرین پسین - تریاس میانی. ردیف‌های نمکی این مجموعه (سری نمکی هرمز) را می‌توان به صورت تعداد زیادی گنبد نمکی در شمال و باختر بندرعباس دید ولی واحدهای مربوط به پالئوزوئیک عمدتاً در ۴۰ کیلومتری شمال بندرعباس و در کوه‌های گهکم و فراقون برونزد دارند. در این برونزدها توالی‌های پالئوزوئیک کامل نیست و داشتن نبوده‌های رسوبی بزرگ بین شیل‌های گراپتولیت‌دار سیلورین (سازند سرچاهان) و سنگ ماسه‌های سفید رنگ دونین (سازند فراقون) و همچنین وقفه رسوبی

بین سنگهای دونین بالا و آواری‌های قاعده سازند کربناتی دالان به سن پرمین، به بزرگی حدود ۷۰ میلیون سال از ویژگی‌های آن است.

۲- ردیف‌های کربناتی ژوراسیک - کرتاسه بالایی که در فلات قاره اقیانوس تتیس جوان انباشته شده‌اند و امروزه، به ویژه بخش کرتاسه آن، در هسته تاقدیس‌ها برونزد دارند.

۳- توالی‌های همزمان کوهزایی سنوزوئیک که ممکن است دریایی یا غیر دریایی باشند. بخش پایینی این توالی کربناتهای پلاتفرمی ائوسن و الیگو - میوسن (سازندهای جهرم و آسماری) هستند که هسته پاره‌ای از تاقدیس‌های بلند گستره مورد مطالعه را می‌سازند. سنگهای میوسن بیشتر سکانس‌های آواری همزمان با کوهزایی‌اند که در محیط‌های دریایی پسرونده، به سمت جنوب، رسوب کرده‌اند و در فرهنگ چین‌شناسی زاگرس گروه فارس نام دارد. گروه فارس با انباشته‌های گچی سازند گچساران و یا هم ارزهای آواری آن (سازند رازک) آغاز می‌شود و در پی آن مارن‌های دریایی سازند میشان و بالاخره انباشته‌های آواری قرمز رنگ سازند آغاچاری قرار دارد. جوان‌ترین سنگهای این مجموعه انباشته‌های کنگلومرایی سازند بختیاری است که در نواحی کم ارتفاع تاقدیس‌ها و یا در هسته ناودیس‌ها رخمون دارد. از نگاه تکتونیک، ساختارهای ناحیه بیشتر تناوبی از تاقدیس‌ها و ناودیس‌های موازی‌اند که روند عمومی آنها کم و بیش خاوری - باختری است. در مجاورت با گنبد‌های نمکی سری هرمز تغییراتی در روند چین‌ها دیده می‌شود. بیشترین تغییر در مجاورت گسل، شمالی - جنوبی میناب دیده می‌شود که حرکت‌های امتداد لغز و شیب لغز آن تغییرات قابل توجهی در روند چین‌ها ایجاد نموده است.

بسیاری از زمین شناسان، فارس را گستره‌ای واقع در میان دو گسل کازرون در باختر و گسل میناب در خاور می‌دانند. ولی مطیعی (۱۳۷۴)، ویژگی‌های زمین شناسی بخش خاوری فارس را متفاوت می‌داند و به آن بس بوم بندرعباس نام داده است. پس بوم بندرعباس محدوده‌ای از پایانه جنوب خاوری زاگرس است که مرز خاوری آن گسل میناب و مرز جنوبی آن جبهه چین‌های زاگرس است که از درون خلیج فارس می‌گذرد. مرز شمالی آن منطبق بر گسل رازک (برزگر، ۱۳۶۰) و یا خطواره نخیلو-فینو است. یکی از مهمترین

ویژگی‌های زمین شناختی پس بوم بندرعباس تشکیل تاقدیس‌ها از سنگ نهشته‌های گروه فارس می‌باشد که در محدوده مورد مطالعه این پژوهش تاقدیس میناب را می‌توان نام برد.

ب - پهنه مکران

در نواحی واقع در خاور گسل میناب-زندان، به عنوان بخشی از پهنه ساختاری رسوبی مکران، ویژگی‌های پی سنگی و الگوی ساختاری ویژه‌ای حاکم است که با سایر نواحی گستره مورد مطالعه تفاوت‌های آشکار دارد. در این بخش، بر خلاف بخش مربوط به زاگرس، پی سنگ از نوع پوسته‌های اقیانوسی است که با توالی به نسبت ضخیمی (حدود ۱۰/۰۰۰ متر) از نهشته‌های فلیشی و مولاسی کرتاسه پسین-پلیوسن پوشیده شده‌اند. بخش افیولیتی پی سنگ در حاشیه شمالی و رسوبهای فلیشی - مولاسی در قسمت‌های میانی و جنوبی رخنمون دارد. پوسته اقیانوسی پی سنگ شامل مجموعه‌ای از سنگهای الترامافیک دگرگونه نظیر پریدوتیت، گابرو، دیاباز به همراه رسوبهای رادیولاریتی و کربنات‌های پلاژیک است که به شدت با یکدیگر مخلوط شده و با آمیزه‌های رنگین سایر نواحی ایران قابل قیاس می‌باشند. با وجود نداشتن رخنمون گسترده به لحاظ داشتن کرومیت، کانی‌های گروه پلاتین و... می‌تواند در خور توجه باشد.

فلیش‌ها و مولاس‌های ترشیاری پوشش رویی پی‌سنگ را تشکیل می‌دهند. این سنگها، در یک روند شمال به جنوب سن کمتری دارند. جوان‌ترین آنها توالی‌های سست و کم سیمان آواری‌های پلیوسن است که به ویژه نواحی نزدیک به ساحل مکران را پوشانده‌اند.

پهنه گسلی میناب - زندان، در یک روند شمالی - جنوبی، سبب گردیده تا در حد باختری زون مکران، ساختارهای دگرشکلی قابل توجه داشته باشند. ولی در سایر نواحی، ساختارهای تکتونیکی روند خاوری - باختری دارند که در نتیجه عملکرد گسل‌های راندگی به صورت منشورهای افزایشنده نابرجا به سمت جنوب حرکت کرده‌اند به همین دلیل در بیشتر نواحی مرزهای زمین‌شناسی از نوع گسل‌های طولی است که روند آنها با چین‌ها همخوان و موازی است.

۲-۲- کلیات زمین‌شناسی منطقه

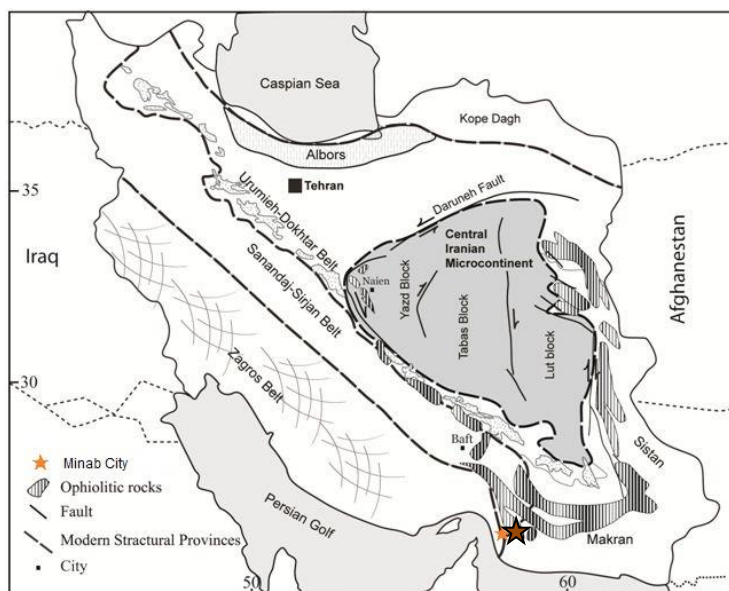
قسمتی از منطقه مورد نظر با رسوبات آبرفت کواترنری پوشیده شده که در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میناب به بخش‌های مختلف تقسیم شده است. بعد از رسوبات آبرفتی، کنگلومرای میناب (بخش مکران)، با سن پلیوسن پایینی مشاهده می‌گردد. در ادامه واحدهای رسوبی رخنمون یافته در منطقه از قدیم به جدید شامل مارن گیوشی به سن میوسن زیرین - میانی، مارن‌های خاکستری به سن میوسن میانی و در نهایت ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن میانی - میوسن بالایی می‌باشد که از این بین ماسه‌سنگ خکو نسبت به دیگر واحدها رخنمون بیشتری دارد. این واحدها بطور مفصل در بخش ۲-۷ شرح داده می‌شود.

۲-۳- زمین ساخت منطقه

ناحیه میناب از لحاظ ساختاری در حد فاصل رشته کوه چین خورده زاگرس در باختر و شمال باختری از یکسو و رشته کوه مکران از سوی دیگر واقع شده است. روند عمده ساختارها (گسل‌ها و محور چین‌ها) در این ناحیه تقریباً شمالی جنوبی بوده در حالیکه روند ساختارها در مکران خاوری-باختری و در زاگرس خاوری-باختری تا شمال باختری-جنوب خاوری می‌باشد. اکثر رخنمون‌های سطحی در مکران شامل سکانس ستبری از فلیش‌های دوران سوم می‌باشد در حالیکه بسمت باختر و شمال باختر رسوبات عمدتاً مربوط به دوران سوم با رخنمون‌های چندی از رسوبات دوران اول و دوم قابل مشاهده می‌باشد (قرشی، ۱۹۸۵). ساختار مکران الگویی فلسی دارد که فلس‌ها با گسل‌های معکوس پرشیب مرزبندی می‌شوند و فرجام آن رانده شدن فلس از پس خشکی (N-NE) به سمت پیش خشکی (S-SW) است. این ساختار در اثر رویدادی پدید آمده که اوج آن در میوسن بوده و از آن پس نیز با شدت کمتری همچنان ادامه دارد زیرا که به لحاظ تداوم فرورانش در ناحیه مکران، گسل‌ها هنوز فعال‌اند و زمین به بالا آمدن ادامه می‌دهد که این عمل با چین خوردگی، کوتاه شدگی و با پسروی خط ساحلی همراه است. راندگی‌ها سبب شده‌اند تا پوسته مکران از ۵۰ تا ۷۰ درصد کوتاه شود. عامل چین خوردگی، به طور عمده فشارهای ناشی از

فرورانش پوسته‌ی اقیانوسی عمان به زیر مکران که با عملکرد گسل‌های راندگی شدت می‌یابد به گونه‌ای که رویداد گسل آفرینی یا چین خوردگی شدید پرکلینال با برتری الگوی جناغی همراه است (آقناباتی، ۱۳۸۵).

تحول ساختمانی واحد مکران از کرتاسه تا کواترنر ادامه داشته است. پایه‌های ساختمانی آن در ارتباط با تشکیل ریفت عمیق قاره‌ای در این ناحیه و سپس بسته شدن آن در آخر کرتاسه می‌باشد در سنوزوئیک رسوبگذاری به طور کلی در محیط رسوبی در حال فرونشینی در جریان بوده است. از این رو ضخامت رسوب‌های دریایی دوران سنوزوئیک مکران به حدود ۱۱۰۰۰ متر می‌رسد. این رسوب‌ها عمدتاً از رخساره فلیشی و مولاس متشکل از مارن، رس، ماسه‌سنگ، شیل توام با سنگ‌های آتشفشانی تشکیل شده‌اند (علایی طالقانی، ۱۳۸۱).



شکل ۲-۱- زون‌های ساختاری اصلی در نقشه زمین‌شناسی ایران (تلفیقی از علوی، ۱۹۹۴ و بربریان، ۱۹۸۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه با علامت ستاره بین زون زاگرس و مکران مشخص شده است.

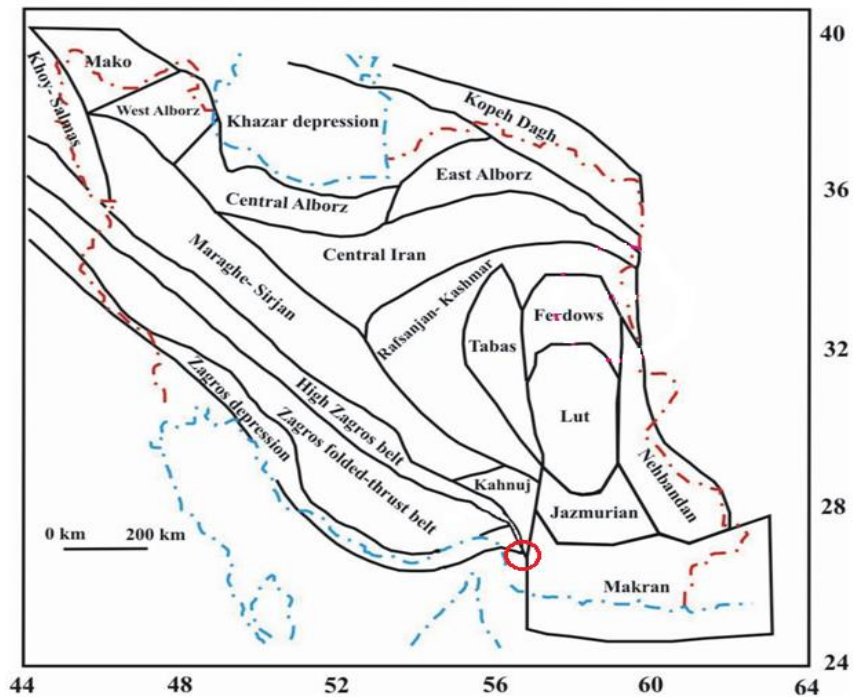
۲-۴- تحولات تکتونیکی منطقه

در زمان ائوسن دریا با برج‌گذاری رسوبات کم‌عمق بر روی سنگ‌های قدیمی‌تر پیشروی می‌کند. به طور کلی دریای این زمان، حوضه رسوبی زیاد عمیقی نداشته و نهشته‌های برجا مانده عبارتند از: کنگلومرا، ماسه‌سنگ، سنگ آهک تخریبی، شیل و سیلتستون.

همزمان با رسوبگذاری در دریای ائوسن فعالیت‌های آتشفشانی نیز وجود داشته که حاصل آن امروزه به صورت گدازه و توف با ترکیب شیمیایی متوسط تا اسیدی دیده می‌شود. بر روی سنگ‌های دوره ائوسن و با دگر شیئی رسوبات دریای کم‌ژرفای الیگوسن تا میوسن دیده می‌شود که به طور کلی سنگ‌هایی است تشکیل شده در محیط‌های رسوبی در حال خشک شدن، و بدین دلیل سنگ‌های تبخیری مانند گچ و کمی نمک نیز در پاره‌ای از رسوبات دیده می‌شود. دریای کم عمق میوسن با فرونشینی کف آن تا اواخر پلیوسن و آغاز کواترنر همچنان رسوباتی مانند مارن، شیل، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، سیلتستون و سنگ رس را در خود جمع می‌کرده است. در پلیوسن پایانی این حوضه رسوبی با حرکات کوهزایی کاملاً بسته شده و رسوبات چین خوردگی پیدا کرده و ارتفاع گرفته‌اند. در زمان کواترنر ارتفاعات تازه شکل گرفته بر اثر فعالیت آب‌های سطحی و دیگر عوامل فرسایش تخریب یافته و مواد حاصل از فرسایش در فروافتادگی‌های ایجاد شده بر اثر چین خوردگی انباشته شده و پادگانه‌های آبرفتی مختلف را که دانه‌بندی آن‌ها بین گراول تا رس و نمک متغییر است تشکیل داده است.

۲-۵- جایگاه لرزه زمین‌ساختی گستره مورد مطالعه

گستره مورد مطالعه در بخش جنوبی کشور و در شمال خاوری تنگه هرمز قرار دارد. با توجه به تقسیم‌بندی‌های لرزه زمین‌ساختی ایران، بر اساس تقسیم‌بندی لرزه زمین‌ساختی بربریان (۱۹۷۶) منطقه مورد مطالعه در استان لرزه زمین‌ساختی کمربند چین خورده زاگرس و مکران واقع شده است (شکل ۲-۲)،



شکل ۲-۲- تقسیم بندی استان‌های لرزه‌زمین ساختی فلات ایران (بربریان، ۱۹۷۶).

۲-۶- ساز و کار چیره گسل‌ها در گستره مورد مطالعه

ساز و کار گسله‌های مورد مطالعه، فشاری بوده و یا مولفه مهم فشاری دارند. این نکته از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا گسله‌های فشاری (در برابری با گسله‌های راستالغز و کششی) پر انرژی‌تر بوده (سیبسون^۱، ۱۹۷۴، ۱۹۷۵، ۱۹۷۷) دوره بازگشت زمین‌لرزه‌ها در راستای آنها به نسبت درازتر، شتاب افقی گرانس زمین در درازای آنها بیشتر (کمپل^۲، ۱۹۸۱) بوده و می‌توانند زمین‌لرزه‌های بزرگ و ویرانگری را به وجود آورند (بربریان و همکاران ۱۳۷۱).

1 - Sibson

2- Campbell

۲-۷- چینه نگاری منطقه مورد مطالعه

بر اساس نقشه‌های زمین شناسی چاپ سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور مانند ورقه‌های میناب با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (مورگان، ۱۳۶۴) و چهارگوش طاهروئی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (مک کال، ۱۳۶۴) و مطالعات موردی چینه نگاری در منطقه، وجود توالی‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک با راستای گسترش کلی شمالی - جنوبی به اثبات رسیده است. مجموعه آمیزه رنگی به سن کرتاسه به عنوان قدیمی-ترین سنگ‌ها و نهشته‌های کواترنری به عنوان جوان‌ترین واحدهای منطقه برونزد دارند.

۲-۷-۱- واحدهای سنگی مزوزوئیک

۲-۷-۱-۱- واحدهای سنگی کرتاسه پسین

این واحدها که جزء مجموعه آمیزه‌های رنگی کرتاسه پسین می‌باشند شامل دو زیر واحد:

الف) cm₁ که از مجموعه رسوبی (رسوباتی مانند)، ماسه سنگ، سیلتستون، آهک، فیلیت، چرت‌های رادیولردار، کنگلومرا و در بخش‌هایی اندکی سنگ‌های آذرین تشکیل شده است.

ب) cm₂ این واحد از بازالت و آندزیت، پیلولاوا با رسوب پلاژیک و فیلیت تشکیل شده است.

البته قابل ذکر است که این توالی معمولاً به دلیل اختلاط تکتونیکی به طور کامل دیده نمی‌شود.

۲-۷-۲- واحدهای سنگی سنوزوئیک

سنگ های سنوزوئیک ناحیه مورد مطالعه شامل کنگلومرا، مارن، ماسه سنگ، سیلتستون و رسوبات رودخانه‌ای می باشد.

۲-۷-۲-۱ - واحد سبز (میوسن)

این واحد از حدود ۶۰۰۰ متر گل سنگ آهکی خاکستری، سبز، ماسه سنگ آهکی توده‌ای و کنگلومرای قهوه‌ای تشکیل شده که به داشتن مقداری ژئوپس و بلوک های بیگانه شاخص است. این واحد به طور جانبی به دیگر واحد های فیلیش مکران تبدیل می شود و هم ارز زمانی آن ها به شمار می رود. افزون بر اویستر، دوکفه‌ای و سرکوسه، در منطقه طاهروئی گل‌سنگ‌های نرم واحد سبز سرشار از روزنه‌داران پلانکتون میوسن پیشین تا میانی است (آقابات، ۱۳۸۵).

۲-۷-۲-۲ - واحد های سنگی مکران (پلیوسن)

نهشته‌های پلیوسن مکران، رسوباتی از نوع مارن های ژئوپس دار، ماسه سنگ ، شیل و کنگلومرا که در گذشته (هوبر، ۱۹۵۲) گروه مکران و در سال های اخیر (مک کال، ۱۹۸۵) واحد مکران نامیده شده‌اند. سن واحد مکران، محدود به پلیوسن نیست، بلکه تغییرات سنی آن از میوسن پسین تا پلیوسن است. گفتنی است که از نگاه اشتوکلین (۱۹۵۳) گروه مکران شامل ردیف‌های میوسن - پلیوسن تمام مکران است. ولی مک کال (۱۹۸۵) واحد مکران را محدود به رسوبات واقع در باختر غسل زندان کرده و برای خاور غسل میناب از نام‌های تاهتون و پالامی استفاده کرده است (آقابات، ۱۳۸۵).

واحد مکران دارای چهار زیر واحد مارن گیوشی، ماسه سنگ خکو، کنگلومرای میناب و ماسه سنگ تیاب که در منطقه مورد مطالعه برونزد ندارد، می باشد.

۲-۷-۲-۳ - مارن گیوشی

این زیر واحد که هوبر (۱۹۵۲) آن را مارن گروه مکران میانی و مارن مکران می نامد، ردیفی از گل سنگ ژئوپس دار خاکستری، مارن و شیل با میان لایه های نازک ماسه سنگ و گاه کنگلومرا است. خرده صدف در گل سنگ‌ها و ماسه‌سنگ‌ها پراکنده‌اند. مارن گیوشی در آب کم عمق نزدیک به ساحل با تبخیر شدید نهشته شده است. به احتمال بخش محدود حوضه به شکل کولاب و بخش باز آن به شکل سب‌خا بوده است.

زیرا واحد گیوشی بین زون زیستی *Globorotalia acostensis* و زون *Globorotalia humerosa* قرار گرفته و سن میوسن پسین دارد (آقنابتی، ۱۳۸۵).

۲-۷-۲-۴ - کنگلومرای میناب

کنگلومرای میناب ۱۳۵۵ متر، کنگلومرای چند زادی، نارس با خمیره فراوان، به رنگ سرخ قهوه‌ای است که به تدریج به تناوبی از ماسه سنگ و لایه‌ای رنگی می‌رسد. کنگلومرای میناب به لحاظ قرارگیری در روی ماسه سنگ خکو نمی‌تواند قدیمی تر از پلیوسن پیشین باشد. کنگلومرای میناب با منشا دلتایی دریایی هم‌ارز کنگلومرای پالامی و بخش بالایی واحد تاهتون با منشاء رودخانه ای و قاره ای است (آقنابتی، ۱۳۸۵).

۲-۷-۲-۵ - ماسه‌سنگ خکو

این واحد توالی از ماسه‌سنگ سیلتی با رنگ خاکستری روشن و لایه‌های نازک ماسه سنگی زرد - قهوه‌ای که شامل مادستون به صورت فرعی و اندکی از عناصر سنگ آهک و کنگلومرای ریگی^۳ است. توسعه این واحد روی نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ میناب اغلب به سمت شمال است. نام آن برگرفته از کوه خکو می‌باشد و حداکثر ضخامت آن احتمالاً حدود ۲۰۰۰ متر در ناودیس کام سفید است. ماسه‌سنگ خکو اساساً ترکیبی از ماسه سنگ خاکستری روشن، قهوه‌ای و نارنجی رنگ، لایه‌بندی توده‌ای در واحدهای ضخیم - لایه‌های خاص که بیش از ۱۵ متر ضخامت دارند وجود دارد. به طور کلی ماسه‌سنگی با دامنه‌ای از سنگ‌ریزه درشت تا ماسه‌سنگ سیلتی دانه‌ریز، شامل اندکی لایه‌های بی‌قاعده و نامنظم کنگلومرای ریگی است (مک کال^۴، ۱۳۶۴).

3 - Conglomerate Pebble

4 - McCALL

۲-۷-۲-۶- کنگلومرای پالامی

پالامی نام کوهی است که از این کنگلومرا تشکیل شده است. این واحد کنگلومرا چند زادی، دانه‌درشت، با لایه‌بندی خوب و یکنواخت و با خمیرهٔ ماسه‌ای است و با ۴۵۰۰ متر ضخامت با تمام واحدهای کهن‌تر ارتباط دگرشیب دارد. ویژگی‌های رسوبی این واحد نشان‌گر ته‌نشست سریع، در حوضه‌ای در حال فرونشست در یک سیستم رودخانه‌ای بریده بریده است.

از نظر سنی، ارتباط ناپیوسته بین واحد ماسه‌سنگ خکو (میوسن بالایی - پلیوسن زیرین) سن واحد پالامی را به پلیوسن پیشین محدود می‌کند. با وجود این، به طور محلی کنگلومرا میتواند از نظر سنی تا میوسن پسین گسترش داشته باشد (آقناباتی، ۱۳۸۵).

۲-۷-۲-۷- کنگلومرای پلیوسن

این واحد توالی از کنگلومرای پلی میکتایک (چند زادی) و ماسه سنگ است.

۲-۷-۳- رسوبات کواترنری

در نواحی بندرعباس و مکران آبرفت‌های کواترنر به دو گروه تقسیم می‌شوند که عبارتند از آبرفت‌های قدیم‌تر یا آبرفت سدیج و آبرفت‌های جدیدتر که سازند میناب نامیده می‌شود. سازند سدیج یا آبرفت سدیج شامل یک سری رسوبات دانه‌درشت در بالا و یک بخش دانه‌ریز ماسه‌ای در قسمت زیرین به رنگ خاکستری است و سازند میناب با ضخامت حدود ۵ متر از سیلت‌های بسیار دانه‌ریز به رنگ خاکستری تشکیل شده که در داخل آن باقیمانده‌های زغال ناقص و تورب وجود دارد که سن رادیومتری آن ۱۲۵۰ سال قبل است (درویش‌زاده، ۱۳۸۵).

Q¹¹

آبرفت‌های قدیمی و تراس‌های رودخانه‌ای متراکم و سیمانی شده هستند. این واحد شامل پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و مارن‌های گراولی است. دانه بندی این رسوبات با شیب توپوگرافی نسبت مستقیم دارد به طوری که در دامنه‌ی ارتفاع، رسوبات گراولی با قطعات به قطر چند متر و در دشت‌ها نهشته‌های ماسه‌ای و حتی سیل‌تی تشکیل گردیده است. در رسوبات آبرفتی قدیم اثری از لایه‌بندی حاصل از چین‌خوردگی دیده نشده و لایه‌های رسوبی افقی می‌باشند.

Q¹²

این واحد شامل پادگانه‌های آبرفتی جوان و رسوبات آبرفتی (آبرفت‌های جوان تراکم نیافته) است. ذرات تشکیل دهنده این رسوبات آبرفتی شامل رسوبات گراولی از جنس سنگ‌های محیط تشکیل آنها بوده و بدون هیچ سیمانی بر روی هم انباشته شده و تراکم آنها نسبت به پادگانه‌های قدیمی کمتر است.

Q^{al}

این واحد شامل آبرفت‌های عهد حاضر و رسوبات رودخانه‌ها (رسوبات کانال رودخانه) می‌باشد. جنس این رسوبات بطور عمده از شن و ماسه و در بخش‌هایی از سیلت و رس می‌باشد- مواد برجا گذاشته شده به هنگام اُفت دبی سیلاب این نوع از رسوبات کوتاه‌تر در گستره مورد بررسی در پهنه‌های سیلابی رودخانه رودان و رودخانه میناب و نیز در بستر این رودخانه‌ها دیده می‌شود.

فصل سوم

زمین‌شناسی ساختمانی

مقدمه

در این قسمت ابتدا ساختارهای اصلی محدوده مورد مطالعه به صورت مختصر معرفی شده و در ادامه به مطالعات میدانی صورت گرفته و تجزیه و تحلیل آن‌ها بر اساس روش‌های موجود در دو مبحث، تحلیل هندسی و جنبشی ساختارها و فعالیت‌های نوزمین ساختی منطقه خواهیم پرداخت.

۳-۱- ساختارهای مهم منطقه مورد مطالعه

در محدوده مورد مطالعه بطور کلی روند عمومی گسل‌ها شمالی - جنوبی تا شمال باختری - جنوب - خاوری می‌باشد. سازوکار این گسل‌ها فشاری بوده و یا مولفه مهم فشاری دارند. این گسل‌ها به ترتیب از سمت باختر به سمت خاور شامل گسل میناب، گسل زندان و گسل پلامی هستند که در ادامه شرح داده می‌شوند.

۳-۲- معرفی گسل‌های مهم و اصلی گستره محدوده مطالعاتی

۳-۲-۱- پهنه گسلی میناب - زندان

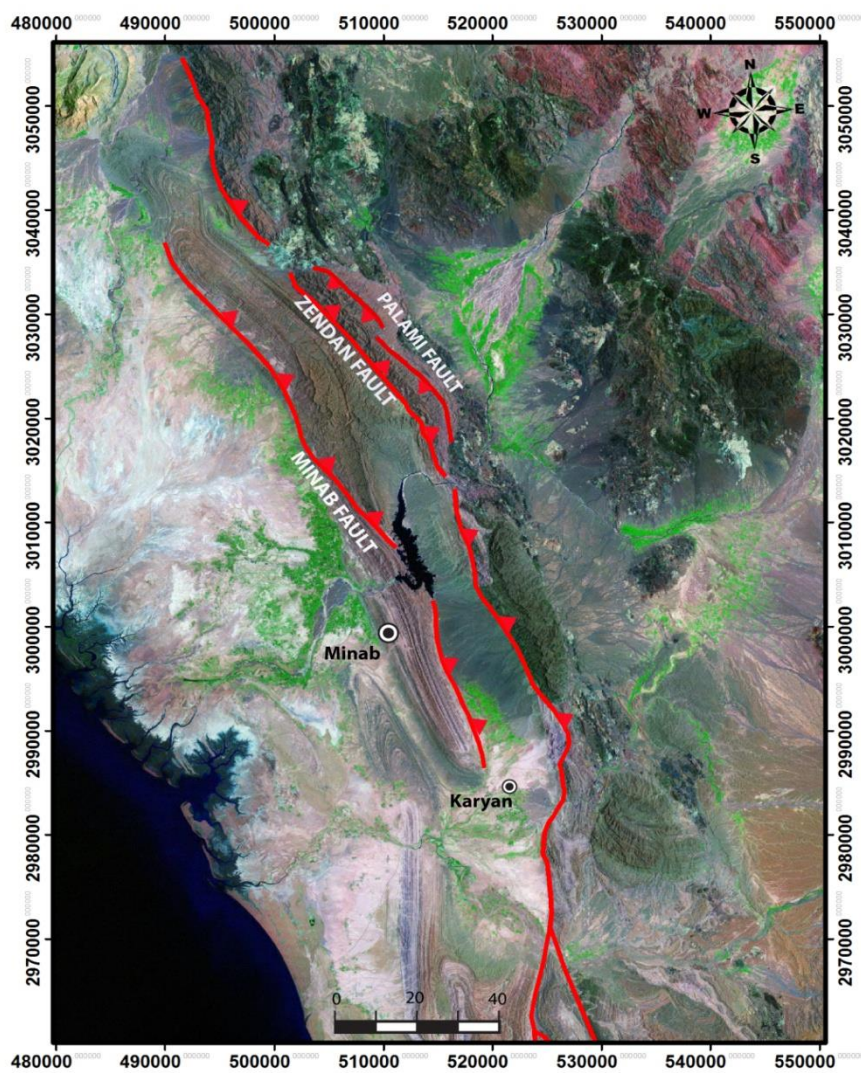
سامانه گسلی میناب - زندان با روند شمال - شمال‌باختری و با شیب به سمت شرق یک مرز سنگ-شناختی اصلی بین زون تصادم زاگرس در غرب و فرورانش مکران در شرق می‌باشد (شکل ۳-۳). این گسل با طول تقریبی ۲۵۰ کیلومتر از گسل معکوس اصلی زاگرس در شمال تا دریای عمان در جنوب امتداد دارد. گسل زندان از قطعات گسلی متعددی تشکیل یافته است که در ۵۰ کیلومتر شمالی آن این قطعات گسلی دارای طرح پلکانی (en echelon) می‌باشد (Regard & et al, 2004). بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط ریگارد و همکاران (۲۰۰۴) سرعت جابجایی در پهنه‌ی سامانه گسلی میناب - زندان را بر اساس اندازه‌گیری میزان جدایش رویداده حاصل از فعالیت این سامانه گسلی در رسوبات کواترنری و سن لغزش برابر با $5.1 \pm 1.3 \text{ mm/yr}$ تا $6.6 \pm 1.5 \text{ mm/yr}$ محاسبه شده است. با توجه به داده‌های زمین‌شناسی، تفسیر عکس‌های هوایی، داده‌های لرزه‌شناسی، باور بر آن است که زون گسلی میناب، راستالغز

است و بلوک خاوری آن به سوی جنوب حرکت کرده است (آقاناتی، ۱۳۸۵). حرکت افقی راستگرد این گسل احتمالاً در کرتاسه پسین - ترشیری پیشین صورت گرفته است (Falcon, 1967). اما وجود گنبد‌های نمکی در زاگرس و خلیج فارس و نبود آنها در مکران سبب شده تا بعضی از زمین‌شناسان، سن این گسل را ۵۰۰ میلیون سال بدانند. به عقیده قرشی (۱۳۶۳)، حرکت در طول این گسل از نوع رورانده است و از اوایل کواترنری حرکت راستالغز نداشته است. به باور بربریان (۱۹۹۵) رویداد زمین‌لرزه ۱۸ فوریه ۱۴۸۳ میلادی هرمز با بزرگای $M_w = 7.7$ ممکن است بر اثر فعالیت گسل میناب رویداده باشد.

۳-۲-۱-۱- گسل میناب

پهنه گسلی میناب دارای ۵۸ کیلومتر طول و راستای N12W شامل یک دسته از قطعات ناپیوسته از گسل‌های راندگی با شیب به سوی خاور می‌باشد که طبقات سنوزوئیک بالایی (ترشیری) و نهشته‌های کواترنری را تحت تأثیر قرار داده است. این گسل در شمال شهر میناب ماسه‌سنگ‌های نئوژن و مارن‌های گیوشی (Gushi marl) متعلق به میوسن پایینی را بر روی رسوبات پلیستوسن میانی رانده است. گسل میناب ارتباط نزدیکی با چین خوردگی، خصوصاً در جاهائیکه به موازات گسل زندان قرار می‌گیرد، دارد (Regard et al, 2004). در واقع این گسل در نواحی شمالی، حد جنوب باختر تاقدیس میناب را مشخص می‌کند و به سمت جنوب، تاقدیس میناب را در نزدیکی شهر میناب و در محدوده مخزن سد استقلال میناب قطع می‌کند. این گسل در پایانه شمالی به دو قطعه تقسیم می‌شود که قطعه باختری مخروط افکنه‌های پلیستوسن بالایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و قطعه خاوری که یک راندگی با شیب به سمت شمال خاور است تاقدیس میناب را بصورت مایل قطع می‌کند. با توجه به

شواهد مورفولوژیکی، نرخ لغزش بر روی این گسل 0.09 ± 0.13 mm/yr تعیین شده و این گسل، یک گسل تقریباً معکوس محض می‌باشد (Regard et al. 2004) (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱- تصویر ماهواره لندست ۷ با قدرت تفکیک ۳۰ متر نشان دهنده موقعیت مکانی گسل‌های میناب، زندان و پالامی.

۳-۲-۱-۲-۲-گسل زندان

گسل زندان با راستای شمال - شمال باختری و با شیب به سمت خاور با مرز اصلی سنگ شناسی بین زاگرس و مکران مطابقت می‌کند. این گسل، گسلی مایل لغز با مؤلفه راندگی می‌باشد. در بخش مرکزی پهنه گسلی زندان، عملکرد گسل به صورت افرازشهای گسلی در رسوبات کواترنری مشخص می‌شود.

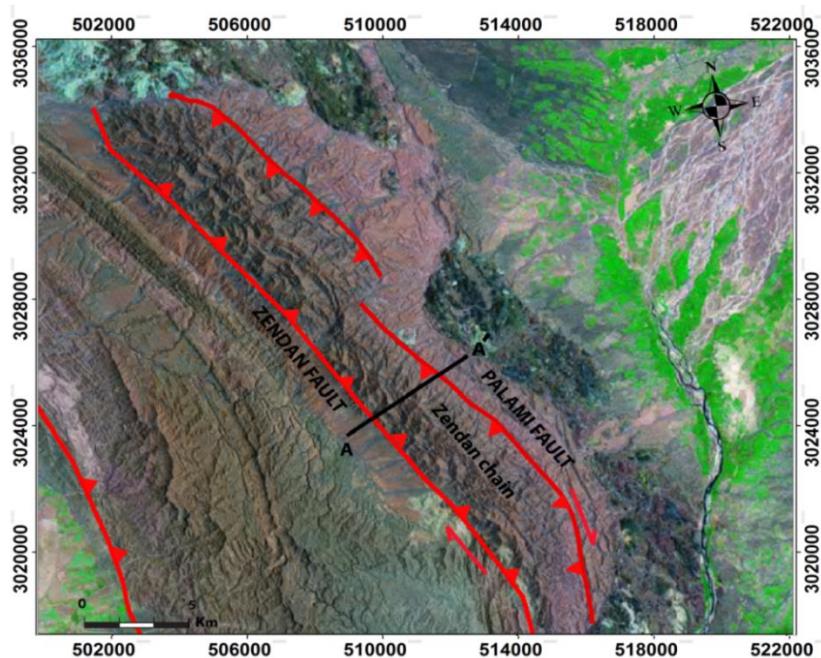
۳-۲-۲-۲- گسل پالامی

گسل پالامی گسلی مایل لغز با مؤلفه راندگی و تقریباً به موازات گسل زندان می‌باشد. در ادامه به سمت شمال و نزدیک راندگی اصلی زاگرس این گسل به وضوح دیده نمی‌شود. نزدیک میناب، گسل پالامی در ۵ کیلومتری خاور گسل زندان قرار دارد و به سمت جنوب، این گسل در فاصله ۲۰ کیلومتری گسل زندان واقع شده است (شکل ۳-۱). این گسل نسبت به گسل زندان دارای قطعات کمتری بوده و طول میانگین قطعات آن حدود ۲۵ کیلومتر می‌باشد. بیشترین طول قطعات به ۴۱ کیلومتر می‌رسد. گسل پالامی مخروط افکنه-های کواترنر را تحت تأثیر قرار داده است، این گسل، گسل بزرگ زاویه با شیب به سمت غرب - جنوب غرب می‌باشد که به طرف جنوب به دو پهنه گسلی تقسیم می‌شود که یکی رسوبات ساحلی اطراف جاسک را می‌برد در حالیکه پهنه دیگری به منشور دگرریختی مکران متصل می‌شود (Regard & et al, 2004).

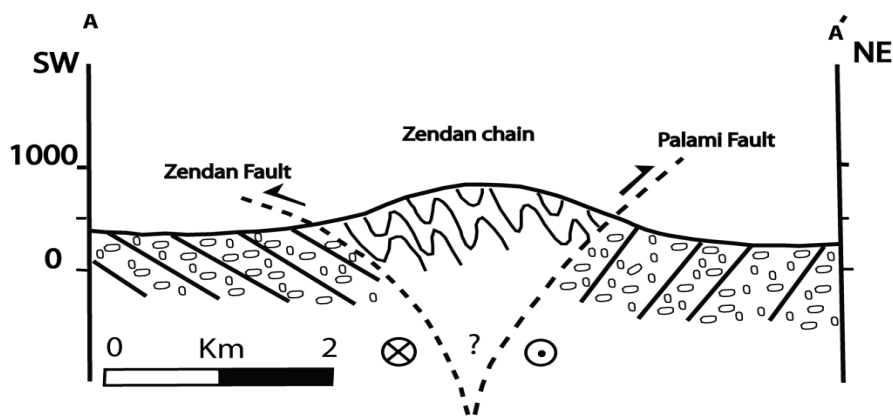


شکل ۳-۲- خش لغز در سطح گسل پالامی که بیانگر ریک 35SE می باشد (دید بسمت شمال خاور).

با توجه به هندسه گسل های زندان و پالامی و همچنین در نظر گرفتن حرکت راستالغز راستگرد برای این زون گسلی، برش عرضی کوه زندان، یک ساختار گل سرخی مثبت^۵ را پیشنهاد میکنند (Regard & et al, 2004) (شکل ۳-۳ و شکل ۴-۳).



شکل ۳-۳- تصویر ماهواره لندست ۷ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر از گسل پالامی.



شکل ۳-۴- برش عرضی کوه زندان. با توجه به شیب گسل‌های پالامی و زندان و همچنین مولفه راستالغز پهنه گسله، تشکیل کوه زندان که مابین این دو گسل قرار گرفته را می‌توان به ساختار گل سرخی مثبت (PFS) نسبت داد. (Regard & et al, 2004)

۳-۳- چین‌های اصلی موجود در منطقه مطالعاتی

چین‌ها در محدوده مطالعاتی نیز از روند کلی ساختارها یعنی شمالی - جنوبی تا شمال باختری - جنوب خاوری پیروی می‌کند. در این قسمت ابتدا به معرفی دو تاقدیس بزرگ میناب و کهتک می‌پردازیم و در ادامه به تحلیل هندسی و جنبشی چین‌های برداشت شده در مسیرهای پیمایش و دیگر ساختارها خواهیم پرداخت.

۳-۳-۱- تاقدیس میناب

در حاشیه شمال خاوری شهر میناب رشته کوهی با روند شمال باختری - جنوب خاوری وجود دارد که رودخانه میناب تقریباً عمود بر آن جریان دارد. این رشته کوه ۴ کیلومتر پهنا دارد و به ترتیب از جنوب باختری به سمت شمال خاوری شامل سنگ‌های، (۱) کنگلومرای پلی میکتیک^۶ به سن پلیوسن، (۲) سری ماسه سنگی همراه با درون لایه‌های شیلی مربوط به میوسن بالایی، (۳) ماسه سنگ همراه با سیلتستون، مادستون و لایه‌های نازک کنگلومرا با سن میوسن میانی - بالایی، که این سنگها

ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهند و سد بتنی پایه دار میناب بر روی این سنگها قرار دارد. (۴) مارن خاکستری با درون لایه‌های نازک ماسه سنگ به سن میوسن میانی که قسمت خاوری رشته کوه مورد بحث را تشکیل می‌دهند.

سنگ‌های فوق تاقدیسی نامنظم به نام تاقدیس میناب را تشکیل می‌دهند که محور طولی آن دارای روند شمال باختری - جنوب خاوری است و یال شمال خاوری آن دارای شیب نسبتاً تندتری می‌باشد و این یال تکتونیزه و دارای شکستگی‌های متعددی می‌باشد. در صورتی که یال جنوب باختری این تاقدیس به نسبت شکستگی کمتری را نشان می‌دهد. گسل عمده و اصلی میناب با روند N12W و شیب خاور - شمال خاوری به موازات این تاقدیس می‌گذرد و تاقدیس را در شمال خاوری شهر میناب قطع کرده و آن را از لحاظ ساختاری پیچیده و تحت تأثیر قرار داده است.

۳-۳-۲- تاقدیس کهتک

این تاقدیس از چین‌های بزرگ موجود در منطقه می‌باشد که فقط قسمت شمالی آن در محدوده مطالعاتی قرار دارد و روند عمومی آن شمال باختر - جنوب خاور می‌باشد. این تاقدیس به موازات گسل میناب و در جنوب شهر میناب قرار دارد و متشکل از لایه‌های ماسه‌سنگی متعلق به میوسن میانی در هسته تاقدیس رخنمون دارند و در دو طرف هسته لایه‌های نازک ماسه‌سنگی مربوط به کنگلومرای میناب به سن پلیوسن آشکار می‌شود.

برداشت صحرائی از قسمت شمالی تاقدیس کهتک نشان می‌دهد که این تاقدیس دارای لایه‌های پُرشیب در یال شمال خاوری و لایه‌هایی با شیب کم در یال جنوب باختری می‌باشد. بر اساس داده‌های بدست آمده از مطالعات صحرائی این تاقدیس دارای سطح محوری با روند N45W/7NE می‌باشد.

۳-۴- تحلیل هندسی و جنبشی ساختارهای منطقه

جهت بررسی و شناخت دگرریختی‌ها و دستیابی به الگوی دگرشکلی در هر ناحیه، بررسی عناصر ساختاری همچون گسل‌ها، چین‌ها و درزه‌ها ضروری می‌باشد. نیروهای ناشی از حرکات قطعات لیتوسفری در بخش‌های مختلف پوسته، سبب ایجاد میدان‌های تنش و به دنبال آن رخداد دگرریختی در سنگ‌ها می‌شود. بر حسب شرایطی که سنگ‌ها در آن قرار دارند و جایگاه تکتونیکی منطقه، در اثر عملکرد تنش‌ها دگرریختی‌های مختلفی ایجاد می‌شود و در نتیجه ساختارها و اشکال ساختمانی مختلفی نیز شکل می‌گیرند. از این رو بررسی چنین ساختارهایی می‌تواند نحوه دگرریختی و تنش‌های وارده را نمایان سازد. در این گونه مطالعات که بر مبنای سیمای ساختاری و اشکال متنوع در مقیاس‌های مختلف می‌باشد با تعیین وضعیت هندسی ساختارها، فرآیندهای دگرریختی رخ داده را می‌توان بررسی و مشخص کرد. در این راستا جهت تجزیه و تحلیل هندسی عناصر ساختاری، پارامترهایی که در زیر آورده شده مورد نیاز و برداشت آن‌ها در صحرا ضروری می‌باشد.

الف) پارامترهای ضروری برای تحلیل چین‌ها شامل:

۱) شیب و امتداد لایه‌ها، ۲) تعیین موقعیت محور چین، ۳) تعیین سطح محوری چین، ۴) تعیین زاویه بین یالی، ۵) زاویه میل محور چین، ۶) کلاس چین و ساز و کار چین خوردگی می‌باشد.

ب) پارامترهای لازم جهت تحلیل هندسی و جنبشی گسل‌ها شامل:

۱) امتداد و شیب سطح گسل، ۲) زاویه ریک خطواره‌های روی سطح گسل، ۳) جهت حرکت روی گسل

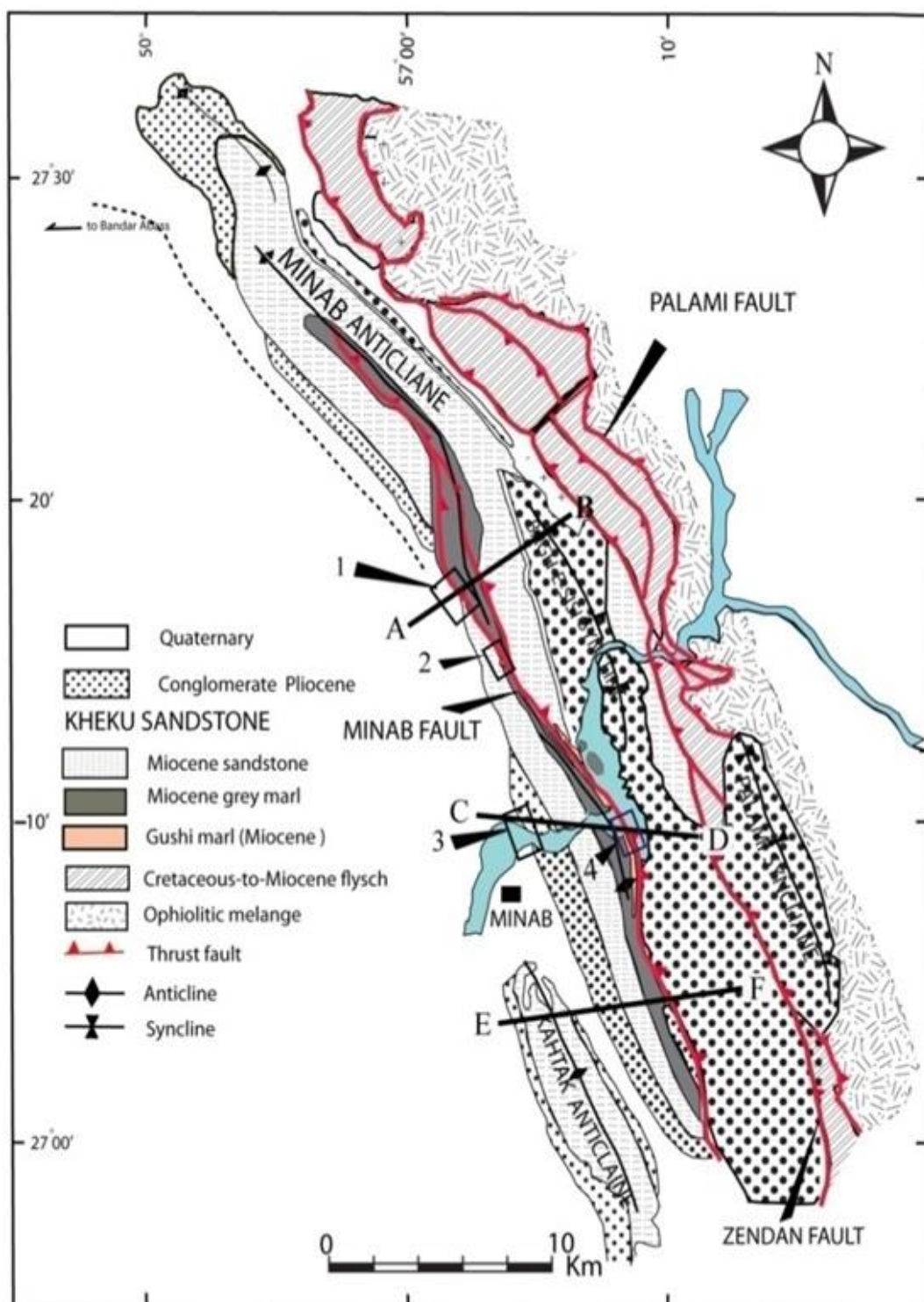
و ۴) نوع گسل می‌باشد.

ج) پارامترهای ضروری برای تحلیل درزه‌ها شامل:

(۱) تعداد درزه‌ها، (۲) شیب و امتداد درزه‌های موجود، (۳) تراکم درزه‌ها و نوع درزه‌ها در منطقه می‌باشد که در ادامه به بررسی و تفسیر آن‌ها می‌پردازیم.

۳-۵- چین‌های منطقه

محدوده مورد مطالعه که توسط گسل میناب تحت تأثیر قرار گرفته است در سه مقطع عمود بر این گسل مورد بررسی قرار گرفت که در شکل ۳-۹ مسیرهای پیمایش و مکان برداشت‌های صحرایی صورت گرفته از چین‌ها و دیگر ساختارها مشخص شده است. اطلاعات مسیرهای پیمایش از لایه‌بندی‌ها و سنگ شناسی در جدول‌های ۳-۱، ۳-۲ و ۳-۳ آورده شده است. جهت محاسبه روند عمومی چین‌خوردگی منطقه از مشخصات سطح محوری چین‌ها که از برداشت‌های صحرایی بدست آمده استفاده گردید. همچنین موقعیت سطح محوری چین‌ها آنها می‌تواند راهنمای خوبی برای محاسبه تنش‌های اصلی منطقه و میزان ارتباط چین‌خوردگی آنها با گسلش باشد. برای همین منظور از شبکه اشمیت استفاده گردید و سطوح محوری چین‌ها و کنتوردیاگرام نقاط قطبی سطوح محوری ترسیم شد.



شکل ۳-۵- نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه (AB, CD و EF مسیرهای پیمایش و ۱، ۲، ۳ و ۴ ایستگاه‌های برداشت‌های صحرایی).

جدول ۳-۱- برداشت‌های صحرایی در مسیر AB. شیب و جهت شیب (Dip/Dip Direction) و سازند رخمون یافته ذکر شده است

مسیر پیمایش	D/D. .D	سنگ‌شناسی	D/D. D	سنگ‌شناسی
AB	۱۷۰	مارن خاکستری به سن میوسن	۲۱۰	مارن خاکستری به سن میوسن
	۲۰	میوسن	۳۰	میوسن
	۱۷۰	مارن خاکستری به سن میوسن	۲۱۰	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن
	۱۶	میوسن	۴۵	میوسن
	۱۰۳۵	مارن خاکستری به سن میوسن	۲۱۰	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن
	۱۵	میوسن	۵۳	میوسن
	۱۰۴۰	مارن خاکستری به سن میوسن	۱۹۵	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن
۸	میوسن	۶۵	میوسن	
۱۲۳۰	مارن خاکستری به سن میوسن	۱۰۷۵	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن	
۴۰	میوسن	۵۰	میوسن	
۱۲۳۰	مارن خاکستری به سن میوسن	۱۰۷۵	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن	
۳۲	میوسن	۵۴	میوسن	

جدول ۳-۲- برداشت‌های صحرایی در مسیر CD. شیب و جهت شیب (Dip/Dip Direction) و سازند رخمون یافته ذکر شده است

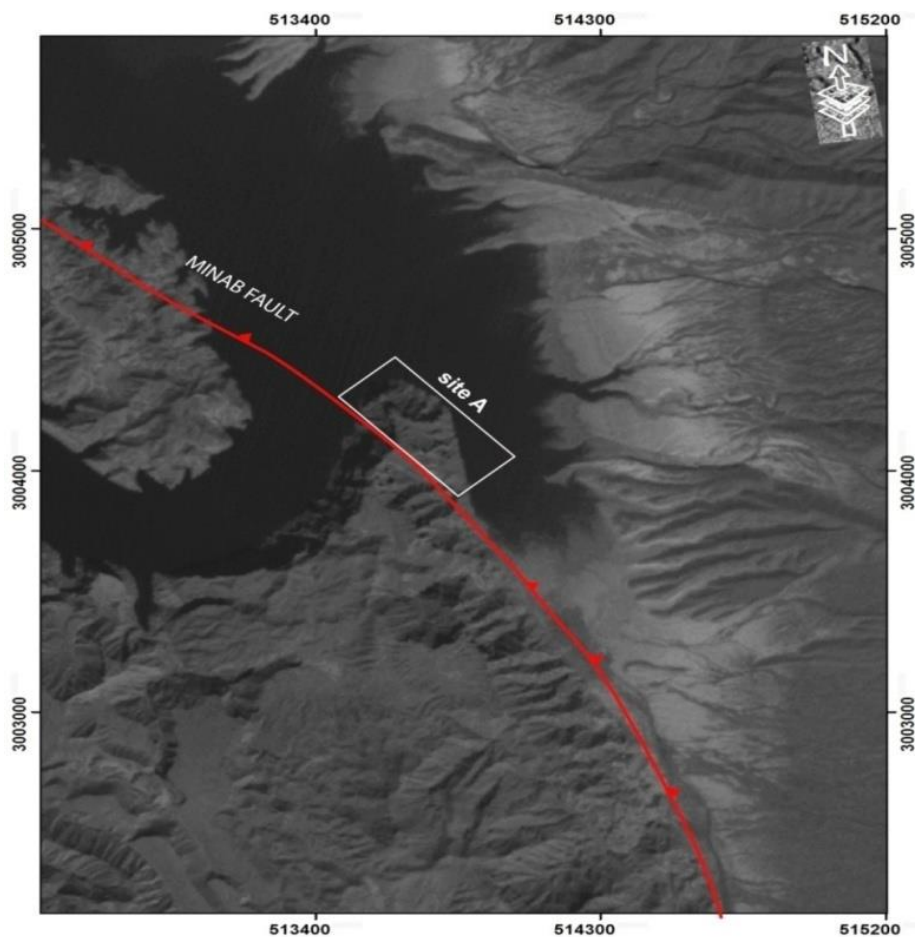
مسیر پیمایش	D/D. .D	سنگ‌شناسی	D/D. D	سنگ‌شناسی
CD	۱۲۵۰	کنگلومرای میناب به سن پلیوسن	۲۲۵	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن
	۵۵	سن پلیوسن	۵۰	میوسن
	۱۲۳۰	کنگلومرای میناب به سن پلیوسن	۲۲۵	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن
	۵۰	سن پلیوسن	۵۲	میوسن
	۱۲۴۵	کنگلومرای میناب به سن پلیوسن	۲۲۵	مارن خاکستری به سن میوسن
	۵۷	سن پلیوسن	۴۸	میوسن
	۱۲۴۵	ماسه‌سنگ به سن پلیوسن	۱۲۲۰	مارن خاکستری به سن میوسن
۶۰	پلیوسن	۵۸	میوسن	
۱۲۴۰	ماسه‌سنگ به سن پلیوسن	۲۲۵	مارن گیوشی به سن میوسن	
۶۰	پلیوسن	۶۰	میوسن	
۱۲۴۰	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن	۲۲۵	مارن گیوشی میوسن	
۵۶	سن میوسن	۶۶	میوسن	

جدول ۳-۳- برداشت‌های صحرایی در مسیر EF. شیب و جهت شیب (Dip/Dip Direction) و سازند رخمون یافته ذکر شده است

مسیر پیمایش	D/D.D	سنگ‌شناسی	D/D. D	سنگ‌شناسی
EF	۱۵/۲۵۵	ماسه‌سنگ به سن پلیوسن	۶۰/۲۴۵	کنگلومرای میناب به سن پلیوسن
	۱۷/۲۵۵	ماسه‌سنگ به سن پلیوسن	۶۰/۲۴۰	کنگلومرای میناب به سن پلیوسن
	۷/۲۶۰	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن	۶۴/۲۳۵	کنگلومرای میناب به سن پلیوسن
	۵/۲۶۰	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن	۶۵/۲۴۰	کنگلومرای میناب به سن پلیوسن
	۱۸/۰۵۰	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن	۶۲/۲۴۰	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن
	۲۵/۰۴۵	کنگلومرای میناب به سن پلیوسن	۶۰/۰۵۵	ماسه‌سنگ خکو به سن میوسن
	۳۰/۰۴۵	ماسه‌سنگ به سن پلیوسن	۶۲/۰۵۵	ماسه‌سنگ به سن پلیوسن میوسن

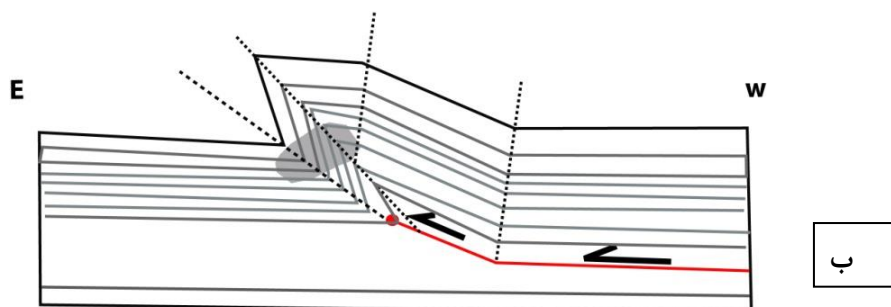
چین شماره ۱:

این چین در توالی‌های ماسه‌سنگی همراه با سیلتستون، مادستون و لایه‌های نازک کنگلومرا به سن میوسن میانی و در مخزن سد میناب رخنمون دارد. موقعیت مکانی این چین نسبت به دیگر ساختارهای منطقه در محل ۴ از شکل ۳-۵ و به صورت جزئی‌تر در شکل ۳-۶ نشان داده شده است. با بررسی نمودارهای قطب صفحات لایه‌بندی (نمودار π) و موقعیت یال‌های برداشت شده از این چین استنباط می‌شود که یک چین میل‌دار می‌باشد و محور چین به سوی جنوب خاور میل دارد و یال‌ها روند شمال باختر- جنوب خاوری دارند (شکل ۳-۸). بر اساس تقسیم‌بندی فلوتی، بر پایه زاویه بین یالی، یک چین باز که زاویه بین سطح محوری با یال چین در رأس حدود ۳۵ درجه می‌باشد.

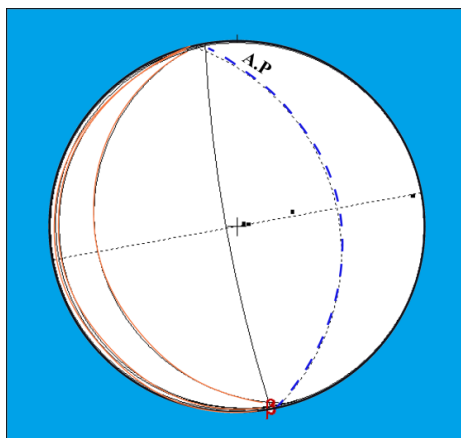


شکل ۳-۶- جانمایی ایستگاه A بر روی عکس هوایی با مقیاس ۱/۴۰۰۰۰.

بر اساس داده‌های صحرایی برداشت شده از این چین و تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته روی آن‌ها حاکی از پر شیب بودن یال‌های جلویی چین و زاویه بین یالی فشرده در تاقدیس جلویی می‌باشد. بازسازی چین بر پایه شیب و جهت شیب لایه‌ها در نقاط مختلف، یک چین مرتبط با راندگی را نشان می‌دهد که علاوه بر یال جلویی پرشیب، یال عقبی چین که به موازات رمپ فرودپواره می‌باشد و همچنین محدود شدن سطح محوری ناودیس پیشرو در نقطه A که می‌تواند رأس خط گسل در رمپ فرودپواره باشد چین گسترش گسلی را به اثبات می‌رساند (شکل ۳-۷). موقعیت محور (β) تاقدیس پیشرو S10E/1 و موقعیت سطح محوری N13W/45NE می‌باشد (شکل ۳-۸).



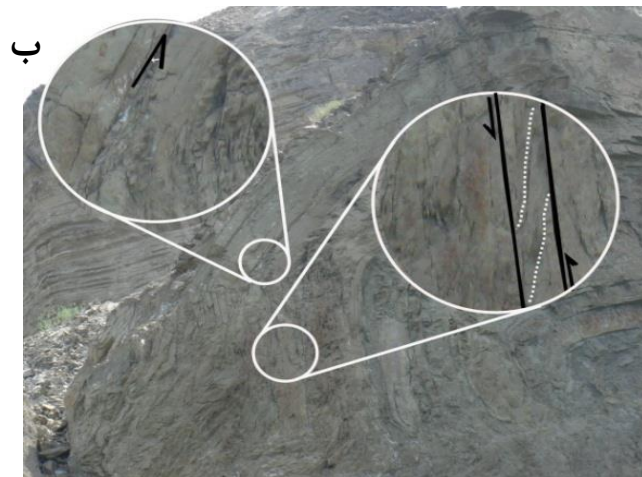
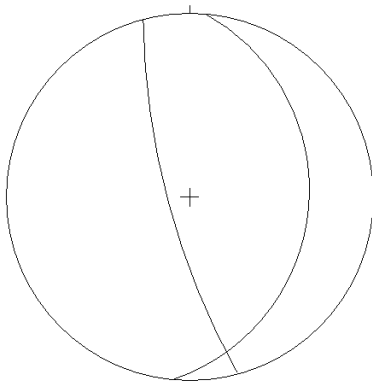
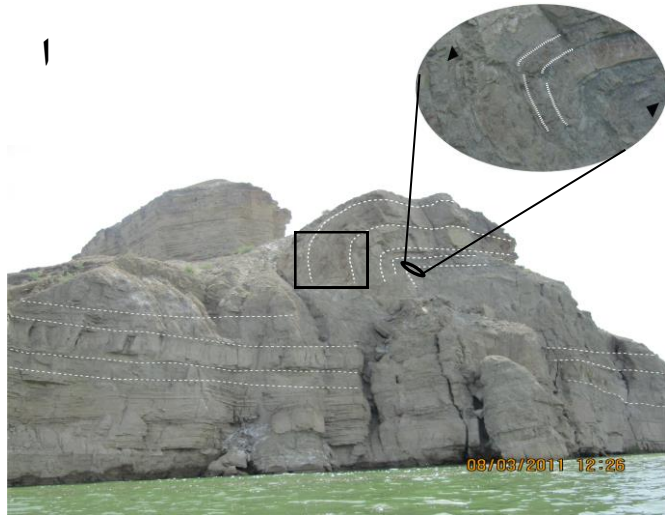
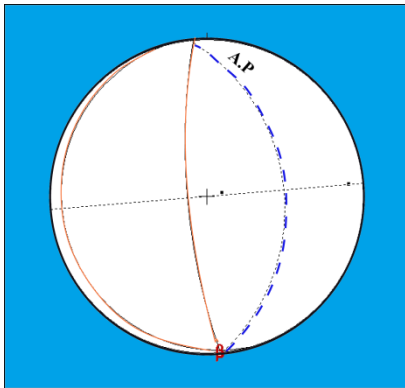
شکل ۳-۷- الف) نمایی از چین شماره ۱ به همراه خطوط مقطع سفید که نشان دهنده موقعیت لایه بندی‌ها می‌باشد. ب) طرح شماتیک از بازسازی چین گسترش گسلی بر اساس جهت گیری لایه‌بندی (جهت دید به سمت جنوب).



شکل ۳-۸- استریوگرام چین (۱) AP سطح محوری و B موقعیت لولای چین را نشان می‌دهد..

چین شماره ۲:

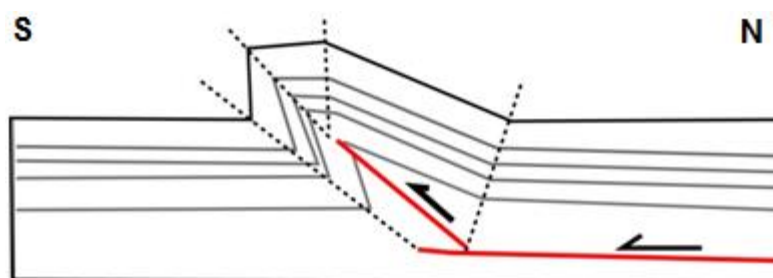
این چین نیز مانند چین شماره ۱ در ایستگاه A که جایگاه آن در شکل ۳-۶ قرار دارد و همانطور که مشاهده می‌شود دارای یال عقبی کم شیب و شیب زیاد در یال‌های جلویی می‌باشد (شکل ۳-۹ الف). اندازه-گیری‌ها یک چین با زاویه بین یالی ۸۰ درجه و استریوگرام‌های رسم شده برای این چین یک چین میل‌دار که محور به سمت جنوب‌خاور میل دارد را نشان می‌دهد. طبق صفحات لایه‌بندی رخنمون یافته در بخش-های مختلف، چین بازسازی شده و یک چین گسترش گسلی با تغییر ضخامت در بعضی لایه‌ها را نمایان می‌سازد (شکل ۳-۱۰).



شکل ۳-۹- چین شماره ۲. الف) نمایی از چین شماره ۲ در قسمت شرقی مقطع CD (موقعیت ۴ شکل ۳-۵). خطوط منقطع سفید مشخص کننده لایه بندی در دو یال چین می باشد. در بالا سمت راست جابجایی لایه ها در هسته تاقدیس توسط گسل، مشاهده می شود و در قسمت چپ موقعیت سطح محوری (A.P) و یال های چین نشان داده شده است. ب) بزرگنمایی تصویر درون کادر مشکی رنگ در تصویر الف، دایره سمت چپ شیارهای به وجود آمده در اثر لغزش لایه ها و دایره سمت راست شکستگی های موجود در لایه ها که بیانگر گسترش چین است را نشان می دهد. استریوگرام سمت چپ نیز موقعیت شکستگی ها با لایه بندی را نشان می دهد (دید بسمت شمال باختر).

در این چین در قسمت جلویی و بخش پرشیب چین لایه های موازی روی هم لغزیده که توسط گسترش شیارهایی بر روی صفحات لایه بندی در جهت بیشترین شیب مشخص شده است (شکل ۳-۹ ب، دایره سمت چپ) و همچنین شکستگی هایی به صورت نامتقارن در لایه ها دیده می شود که نشان دهنده برش در طول لایه ها در یال جنوب خاوری چین می باشد. علاوه بر این کینماتیک این شکستگی ها بیانگر لغزیدن لایه های موازی بر روی هم و جابجایی برشی در قسمت خمیده یال جنوب خاوری می باشد (شکل ۳-۹ ب، دایره

سمت راست). موقعیت محور (β) در این چین S05E/01، موقعیت سطح محوری (A.P) N6W/49NE می باشد.



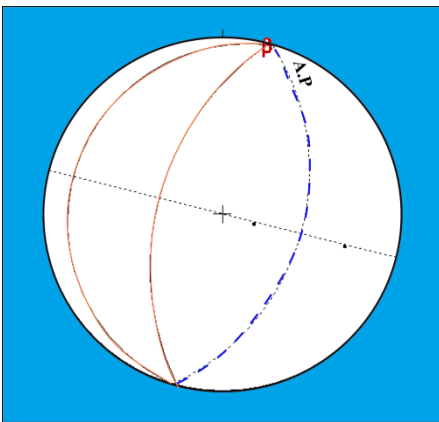
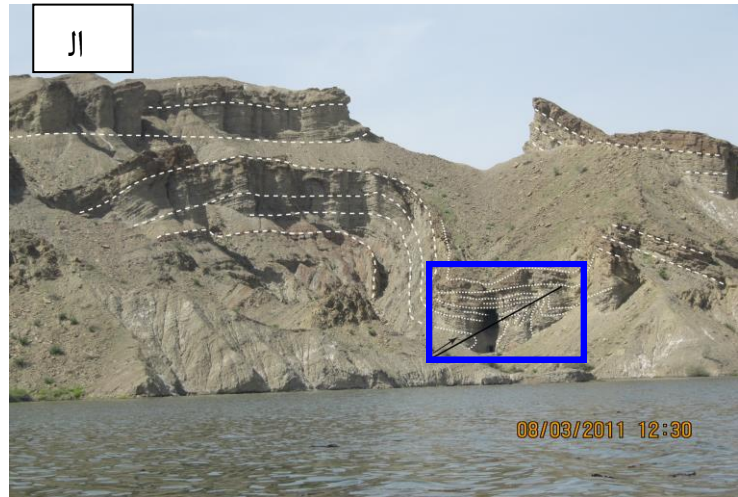
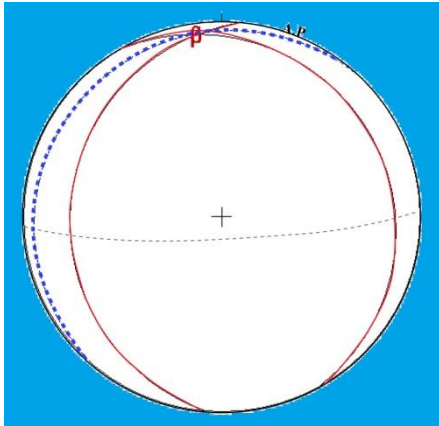
شکل ۳-۱۰ - طرحی از چین گسترش گسلی در شکل ۳-۹ الف، که بر اساس صفحات لایه‌بندی برداشت شده در مطالعات صحرایی بازسازی شده است.

چین شماره ۳:

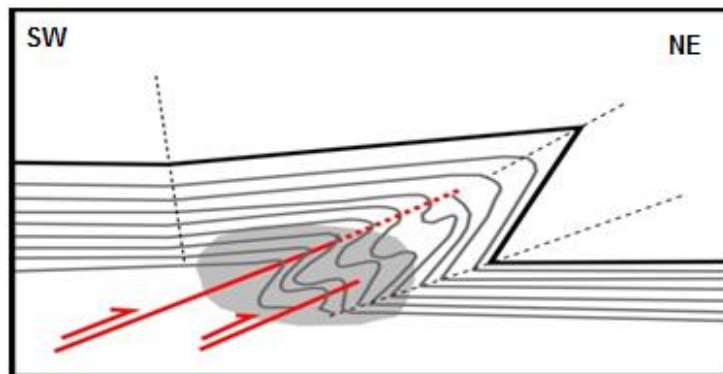
این چین در توالی‌های مارن‌های خاکستری با درون لایه‌های ماسه‌سنگ به سن میوسن میانی قرار دارد (محل ۴ از شکل ۳-۵) و در قسمت جنوبی ایستگاه A در شکل ۳-۶ مورد بررسی قرار گرفت. موقعیت محور (β) در این چین N08W/06، موقعیت سطح محوری (A.P) N42E/07NW و زاویه بین دو یال ۴۵ درجه می‌باشد. این چین بر اساس تقسیم‌بندی فلوتی (۱۹۶۴) بر مبنای شیب سطح محوری، چین خوابیده^۷ و بر اساس زاویه بین یالی چین بسته^۸ می‌باشد. این چین از جمله چین‌های مرتبط با گسلش راندگی می‌باشد که بر روی فرادیواره گسل شکل گرفته است. این رخنمون متشکل از یک چین بزرگ مرتبط با راندگی که در اثر گسلش دیگر دچار چین خوردگی شده و در محل دهانه تونل یک چین خوردگی کوچک‌تر با موقعیت محور (β) N14E/1 و سطح محوری (A.P) N16E/53SE را به وجود آورده، می‌باشد. (شکل ۳-۱۱). طبق شیب و جهت شیب برداشت شده از یال‌های چین و بازسازی بر اساس این داده‌ها این چین یک چین گسترش گسلی می‌باشد که با توجه به موقعیت گسل میناب و قرار گیری این چین در نزدیکی آن، شاخه منشعب شده از گسل میناب مسبب این چین خوردگی می‌باشد (شکل ۳-۱۲).

^۷ - Recumbent Fold

^۸ - Closed Fold

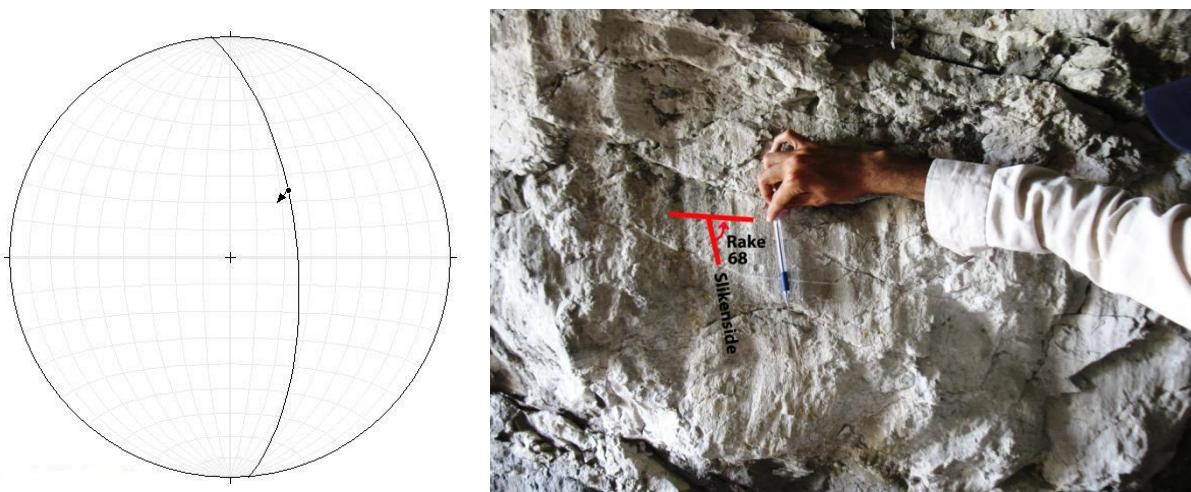


شکل ۳-۱۱- چین شماره ۳. الف) نمای چین شماره ۳ در مقطع CD و قسمت جنوبی ایستگاه A در شکل ۳-۶. خطوط سفید منقطع لایه بندی را نشان می دهد (دید بسمت شمال). استریوگرام سمت چپ موقعیت سطح محوری (A.P) و یال های چین را نشان می دهد. ب) بزرگنمایی تصویر درون کادر آبی رنگ الف، خط مشکی راستای گسل و فلش مشکی جهت خمش لایه در آن راستا را نشان می دهد. تعیین محور و سطح محوری این چین در استریوگرام سمت چپ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۲- طرحی از چین گسترش گسلی در جنوب ایستگاه A که ناحیه سایه زده شده قسمت باقی مانده از چین گسترش گسلی نشان داده شده در شکل ۳-۱۱ می باشد.

در تونل حفر شده جهت مطالعات اولیه احداث سد که توسط شرکت‌های پیمانکار طرح، لوزان، پور و لوزینگر احداث شده است آثاری از سطح گسل و خش‌لغز به وضوح دیده می‌شود. با توجه به جهت یابی سطح گسل (N5W/65NE) و ریک^۹ خش‌لغز ۶۸ درجه به سمت شمال خاور بر روی آن، سازوکار این گسل معکوس با مولفه امتدادی راستگرد است که نشان دهنده گسل میناب می‌باشد (شکل ۳-۱۳).

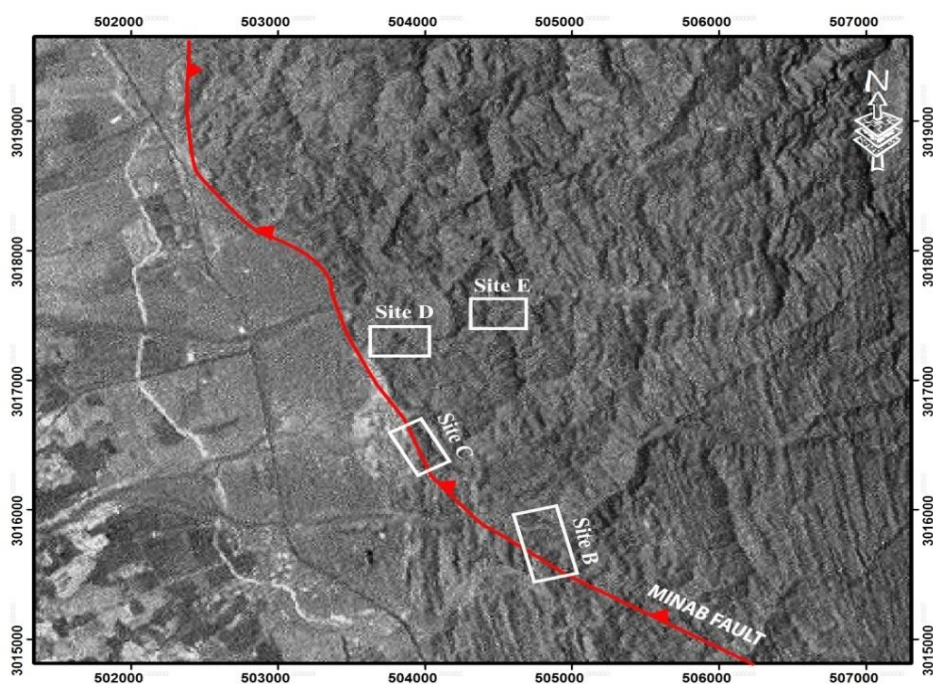


شکل ۳-۱۳- ریک خش‌لغز با جهت‌یابی 68NE در صفحه گسلی در تونل حفر شده در شکل ۳-۱۱ (دید به سمت شمال باختر).

چین شماره ۴:

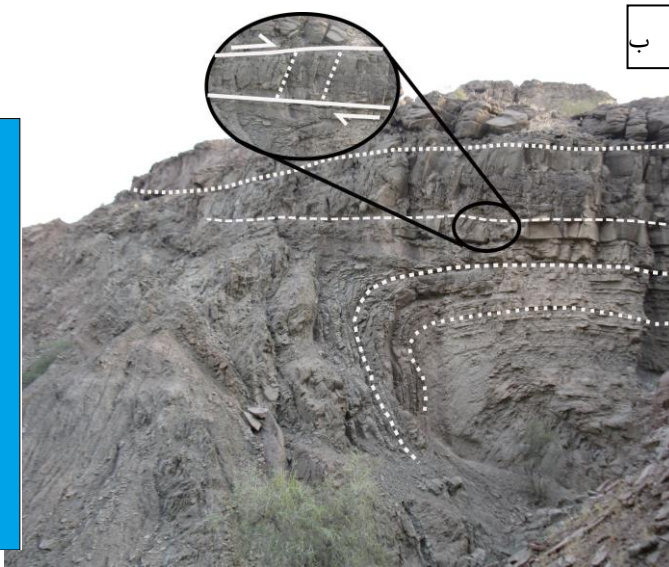
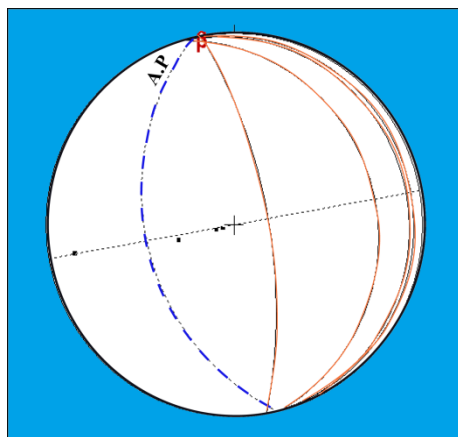
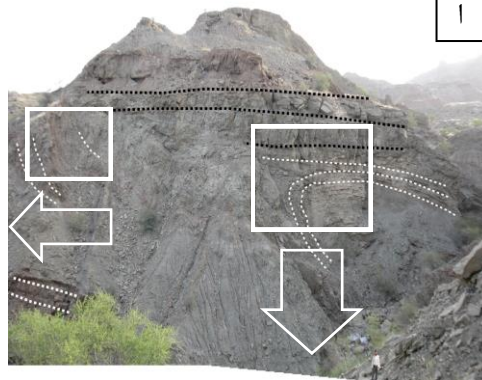
این چین در توالی ماسه‌سنگی همراه با درون لایه‌های شیلی متعلق به میوسن میانی تشکیل شده است و در مقطع شمال شرق روستای دم‌شهر وجود دارد (محل ۲ در شکل ۳-۵ و ایستگاه B در شکل ۳-۱۴). این چین دارای لایه‌هایی با شیب ملایم به سمت شمال خاور در یال شمال‌خاوری و لایه‌هایی با شیب ملایم تا پُرشیب در یال جنوب‌باختری می‌باشد. سبک نسبتاً متقارن زوایای بدست آمده از بازسازی این چین و همچنین گسترش دگرریختی‌های موجود در قسمت‌های جلویی تاقدیس پیشرو اشاره به توسعه یک چین گسترش گسلی دارد (شکل ۳-۱۵). دگرریختی‌ها و شواهد موجود در یال جلویی چین حاکی از فازهای متعدد چین‌خوردگی می‌باشد که رخ و شکستگی‌های فراوان منطبق بر هم در بخش‌های مختلف را سبب

شده است. با توجه به شواهد بدست آمده و داده‌های صحرایی، بازسازی چین صورت گرفت و نوع چین بر اساس مدل سوپ (۱۹۸۳) که برای اولین بار حل هندسی توصیف کننده سیمای چین مرتبط با راندگی را ارائه داد مشخص شد که به شرح زیر است (شکل ۳-۱۶). موقعیت محور (β) در تاقدیس جلویی N10W/01، موقعیت سطح محوری N13W/51SW (A.P) می‌باشد.

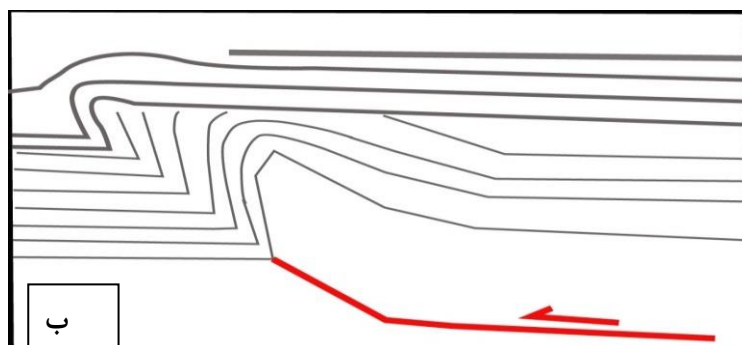
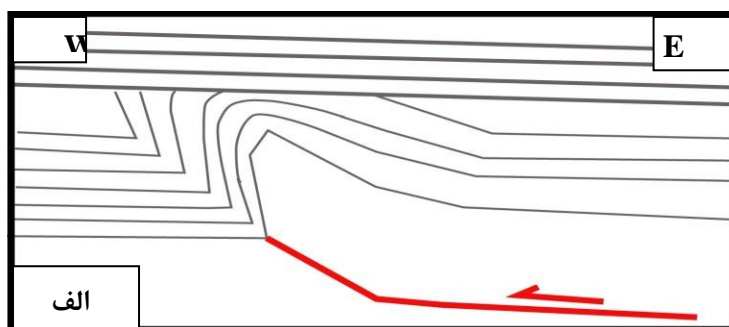


شکل ۳-۱۴- جانمایی ایستگاه‌های B, C, D و E بر روی عکس هوایی با مقیاس ۱/۴۰۰۰۰.

این چین گسترش گسلی بعد از تشکیل، فرسایش پیدا کرده و لایه‌های ماسه‌سنگی بر روی آن قرار گرفته‌اند که در ادامه، این لایه‌های ماسه‌سنگی نیز در اثر گسترش یال جلویی چین دچار چین خوردگی شده‌اند که انعکاس این فرآیند به صورت لغزش لایه‌های ماسه‌سنگی بالای چین می‌باشد. هندسه شکستگی-های موجود در لایه‌های ماسه‌سنگی پوشاننده چین علاوه بر جهت برش، ادامه گسترش یال جلویی چین را تأیید می‌کند.



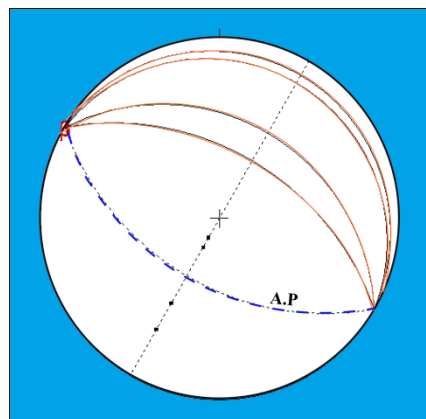
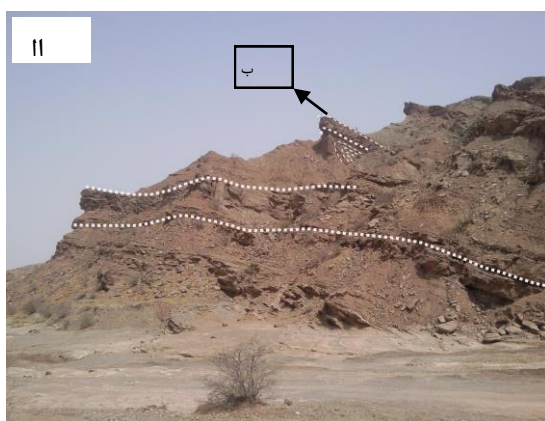
شکل ۳-۱۵- چین شماره ۴. الف) تصویر چین شماره ۴ واقع شده در ایستگاه B در شکل ۳-۱۴، خطوط سفید منقطع لایه‌بندی‌ها را نشان می‌دهد (دید به سمت شمال). خطوط منقطع مشکی رنگ در تصویر سمت راست صفحات لایه‌بندی ماسه‌سنگ‌ها را در بخش بالایی چین نشان می‌دهد و آن‌ها را از لایه‌های مارنی با لایه‌های نازک ماسه‌سنگی جدا می‌کند. تصویر سمت چپ بزرگ‌نمایی کادر سفید رنگ سمت چپ شکل در قسمت جلویی تاقدیس پیشرو چین می‌باشد. ب) بزرگ‌نمایی کادر سفید رنگ از هسته چین در شکل الف، دایره مشخص شده در قسمت بالایی شکستگی‌هایی را نشان می‌دهد که بیانگر گسترش چین و لغزش لایه‌های ماسه‌سنگ بالایی است می‌باشد، در استریوگرام سمت چپ نیز محور و سطح محوری این چین نشان داده شده است که سطح محوری با خط منقطع آبی رنگ و لایه بندی با خطوط قرمز رنگ مشخص شده است.



شکل ۳-۱۶- طرح بازسازی شده شامل هندسه تشکیل و گسترش بعد از فرسایش چین گسترش گسلی در شکل ۳-۱۵، الف) تشکیل چین در اثر عملکرد گسل و در ادامه پس از فرسایش قسمت بالایی چین لایه‌های ماسه‌سنگی رسوب کرده‌اند، ب) گسترش چین در قسمت جلویی تاقدیس باعث چین خوردگی لایه‌های ماسه‌سنگ بالایی شده است.

چین شماره ۵:

این چین در خاور جاده میناب- رودان و شمال خاوری روستای دم‌شهر قرار دارد سیمای آن با توجه به امتداد و شیب لایه‌های اطراف یک چین گسترش گسلی را نشان می‌دهد (ایستگاه D در شکل ۳-۱۴). در اثر پدیده فرسایش قسمت کوچکی از این چین باقی مانده است. موقعیت محور در این چین $N60W/00$ و موقعیت سطح محوری $N60W/60SW$ می‌باشد (شکل ۳-۱۷). این چین بر اساس زاویه بین یالی یک چین بسته را نشان می‌دهد و در تقسیم‌بندی فلوتی بر مبنای شیب سطح محوری به عنوان چین با شیب متوسط^{۱۰} شناخته می‌شود.

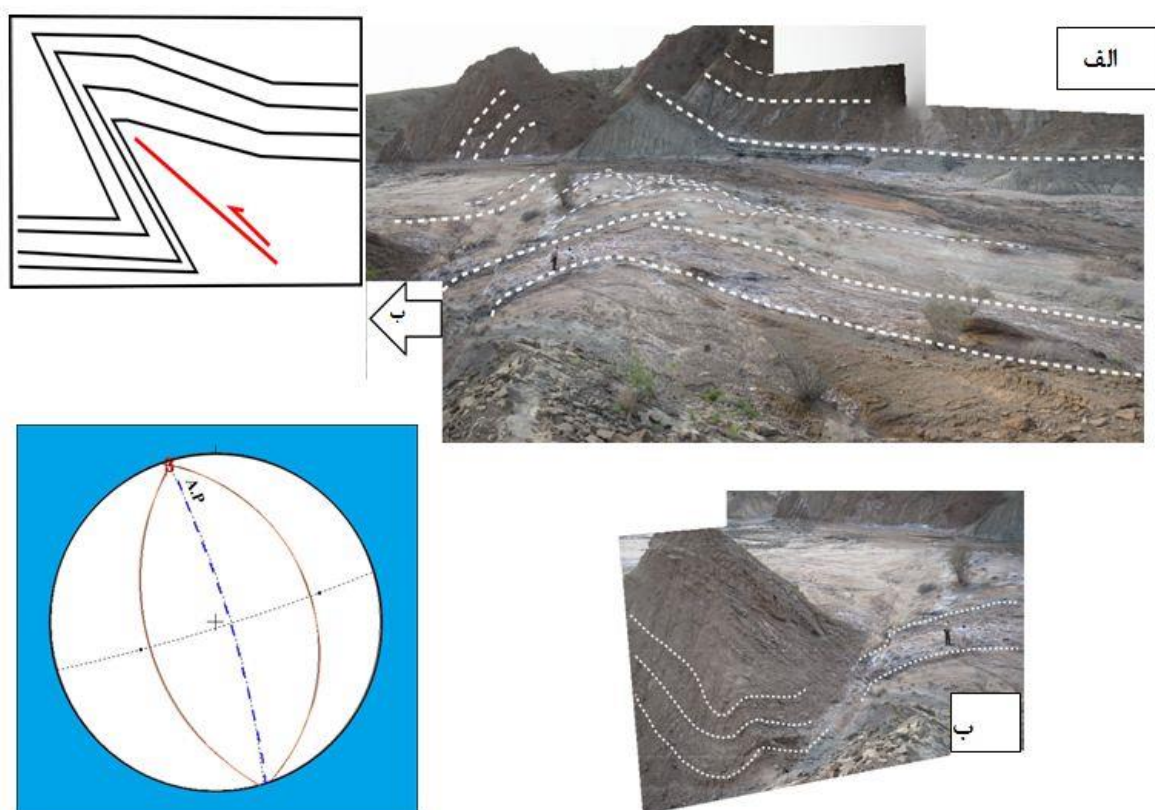


شکل ۳-۱۷- چین شماره ۵. نمایی از چین گسترش گسلی برداشت شده در ایستگاه D که در ابتدای مقطع AB (موقعیت ۱ در شکل ۳-۵)، الف) نمایی از دره گسلی که چین گسترش گسلی روی آن مشخص شده است، خصوصاً سفید منقطع لایه‌بندی را در چین و اطراف آن نشان می‌دهد (دید به سمت شمال باختر)، ب) ارتباط چین مشخص شده در شکل الف با گسل مسبب تشکیل دهنده آن که خط مشکی راستای گسل و فلش جهت حرکت را نشان می‌دهد.

چین شماره ۶:

این چین در توالی‌های مارنی با درون لایه‌های نازک ماسه‌سنگی به سن میوسن میانی و ماسه‌سنگ‌های میوسن بالایی تشکیل شده است (محل ۲ در شکل ۳-۵ و ایستگاه C در شکل ۳-۱۴). گذر رودخانه فصلی سبب فرسایش بخش زیادی از چین شده است با این حال شواهد به جا مانده از لایه‌های ماسه‌سنگی چین‌خورده و فرسایش یافته در کف دره مؤید یک چین مرتبط با گسل می‌باشد. شیب و جهت شیب

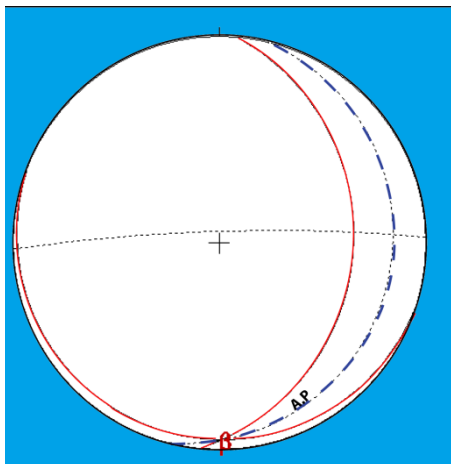
لایه‌بندی‌های رخنمون یافته در نقاط مختلف جهت بازسازی چین مورد استفاده قرار گرفت که نتیجه آن یک چین گسترش گسلی با لایه‌هایی با شیب خیلی کم تا ملایم در یال شمال‌خاوری و لایه‌هایی ملایم تا پُرشیب در یال جنوب‌باختری می‌باشد (شکل ۳-۱۸). موقعیت محور و سطح محوری در این چین به ترتیب N17W/82E، N17W/03 می‌باشد که در تقسیم‌بندی فلوتی بر مبنای شیب سطح محوری به عنوان چین ایستاده^{۱۱} شناخته می‌شود.



شکل ۳-۱۸- چین شماره ۶. الف) چین مرتبط با گسل، برداشت شده در ایستگاه C از شکل ۳-۱۴ (موقعیت ۲ در شکل ۳-۵) (دید به سمت شمال باختر). لایه‌بندی توسط خطوط سفید مشخص شده است، تصویر شماتیک سمت چپ هندسه چین را نشان می‌دهد، ب) بزرگنمایی قسمت مشخص شده در شکل الف که لایه بندی در قسمت ناودیس چین مرتبط با راندگی را نشان می‌دهد، استریوگرام سمت چپ موقعیت محور و سطح محور چین شماره ۶ را نشان می‌دهد.

چین شماره ۷

چین شماره ۷ در ابتدای مسیر پیمایش AB قرار دارد و در قسمت جنوب باختری ایستگاه D برداشت شده است (ایستگاه D در شکل ۳-۱۴). این چین دارای محور و سطح محوری به ترتیب با موقعیت S02E/05 و N14E/17SE می‌باشد. عوامل فرسایشی مانند رودخانه فصلی و علاوه بر آن نوع لایه‌های تشکیل دهنده این چین که بیشتر ماسه‌سنگ با میان لایه‌های سیلتستون متعلق به ماسه‌سنگ خکو به سن پلیوسن می‌باشد باعث فرسایش قسمت جنوب باختری این چین شده است (شکل ۳-۱۹). با توجه به شواهد موجود از جمله تشکیل این چین در امتداد گسل میناب و تغییر لایه‌های ماسه‌سنگی از حالت افقی در محل این چین و بازگشت به حالت تقریباً افقی در قسمت جنوب باختری این چین و همچنین خمش لایه‌ها در جهت حرکت گسل میناب، می‌توان گفت این چین مرتبط با گسل میناب بوده و در اثر فعالیت گسل میناب و یا گسل‌های فرعی اطراف آن تشکیل و گسترش یافته است.



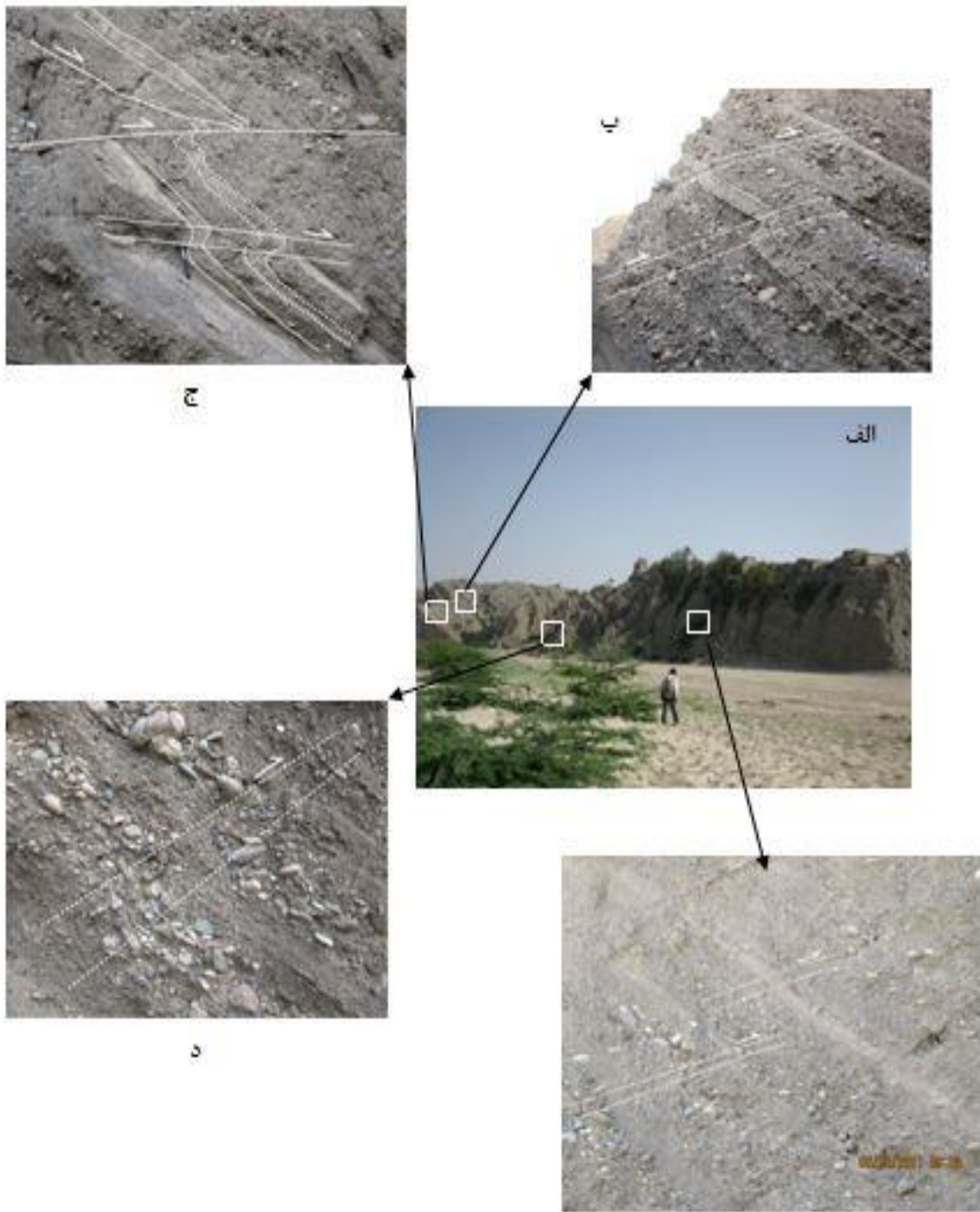
شکل ۳-۱۹- چین شماره ۷. چین مرتبط با گسلش و فعالیت گسل میناب برداشت شده در قسمت جنوب باختری ایستگاه D که لایه‌های ماسه سنگی با خطوط سفید مشخص شده است و خط مشکی راستای گسل مسبب چین خوردگی را نشان می‌دهد (دید به سمت جنوب باختر). فلش‌های سفید بیانگر جهت حرکت می‌باشد. استریوگرام سمت چپ موقعیت محور و سطح محور چین شماره ۷ را نشان می‌دهد.

یکی دیگر از چین‌های مرتبط با راندگی که در محدوده مطالعاتی مشاهده می‌شود چین خوردگی‌های کینک باندی می‌باشد که اکثراً در مقیاس سانتی متری وجود دارند. برداشت ساختارهای کینک به صورت ۳ ایستگاه شامل ایستگاه ۱ و ۲ در مسیر پیمایش CD و ایستگاه ۳ در مسیر پیمایش AB بیان شده که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد.

ایستگاه شماره ۱

در طول رودخانه میناب و ۲ کیلومتری جنوب باختری و پایین دست سد استقلال میناب، در ابتدای مسیر پیمایش CD (موقعیت ۳ در شکل ۳-۵) توالی‌هایی از جمله کنگلومرای میناب به سن پلیوسن و توالی‌های ماسه سنگی متعلق به میوسن بالایی که دارای لایه‌هایی با شیب ۵۰ تا ۶۰ درجه به سمت جنوب‌باختر می‌باشد وجود دارد (شکل ۳-۲۰).

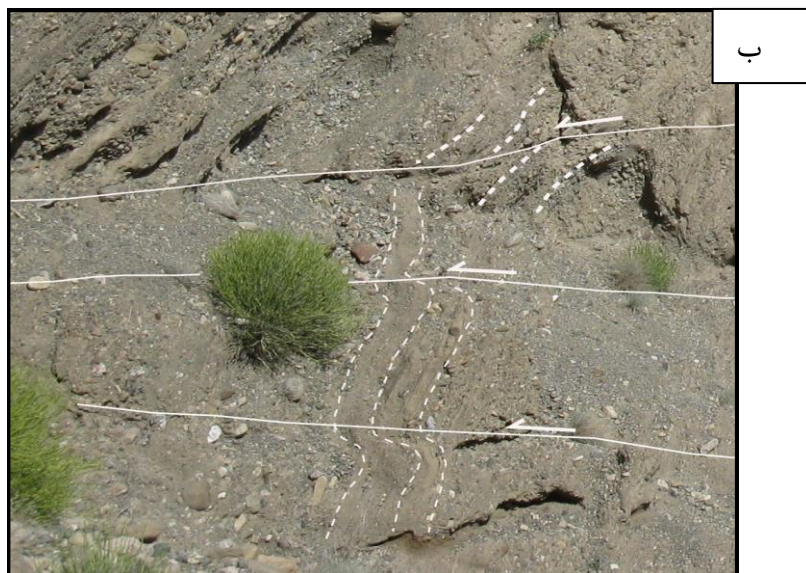
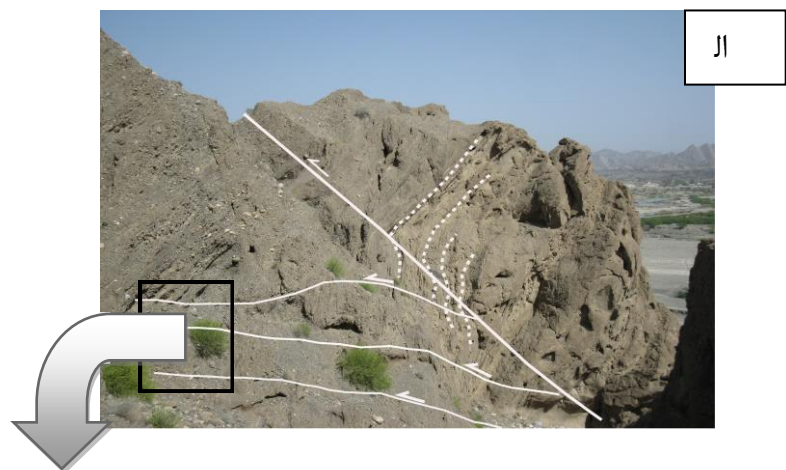
در این مسیر یک سری گسل‌ها وجود دارند با یک سیمای ظاهری که توسط ساختارهای کینک با جابجایی کم را تشکیل می‌دهند در لایه‌های رسوبی تأثیر گذاشته‌اند. به نظر می‌رسد ساختارهای کینک تشکیل شده در این ایستگاه اغلب در اثر تغییر شکل توده سنگ‌ها طی عملکرد راندگی‌ها به وجود آمده باشند. یکسان نبودن این تغییرات در یک توده به صورتی که ساختار کینک تشکیل شده در یک لایه در لایه‌های بعدی همان توده سنگ دیده نمی‌شود، نشان می‌دهد که توده‌های سنگی در برابر عملکرد راندگی‌ها به صورت ناهمگن در بعضی لایه‌ها تغییراتی را در قالب ساختارهای کینک در خود ثبت می‌کند.



شکل ۳-۲۰- ساختارهای کینک‌باندی توسعه یافته به وسیله گسل‌ها، مرزهایی از کینک‌باندها با خطوط منقطع سفید روی لایه‌ها مشخص شده‌اند، فلش‌ها جهت جابجایی را نشان می‌دهند (برداشت شده در مقطع CD). الف) نمایی از رودخانه میناب در پایین دست سد میناب. تصاویر ب، ج، د، ه ساختارهای کینک که در اثر برش حاکم بر توده سنگ‌های منطقه و در بعضی موارد توسط عملکرد راندگی‌ها و تأثیر آن‌ها در توده سنگ‌ها شکل گرفته‌اند.

ایستگاه شماره ۲:

این ایستگاه در ۲۰۰ متری ایستگاه ۱ و در مسیر پیمایش CD می‌باشد. در این مقطع روراندگی‌هایی با جابجایی‌های کم در مقیاس سانتیمتر وجود دارد که در شکل (۳-۲۱ الف) جابجایی‌ها به وسیله فلش‌های سفید رنگ نشان داده شده است. این ساختارها در بعضی نقاط خود نشان‌دهنده ساختار کینک‌بندی توسعه یافته توسط گسل می‌باشد (شکل ۳-۲۱ ب).



شکل ۳-۲۱- لایه‌های ماسه‌سنگ و کنگلومرا توسط روراندگی‌هایی در طول رودخانه قطع شده‌اند، الف) جابجایی لایه‌های ماسه‌سنگی را نشان می‌دهد، خطوط سفید منقطع لایه‌بندی و خطوط سفید گسل‌ها را نشان می‌دهد، ب) بزرگنمایی کادر مشخص شده در شکل الف می‌باشد که ساختارهای کینک و گسل‌های مسبب آن‌ها را نشان می‌دهد.

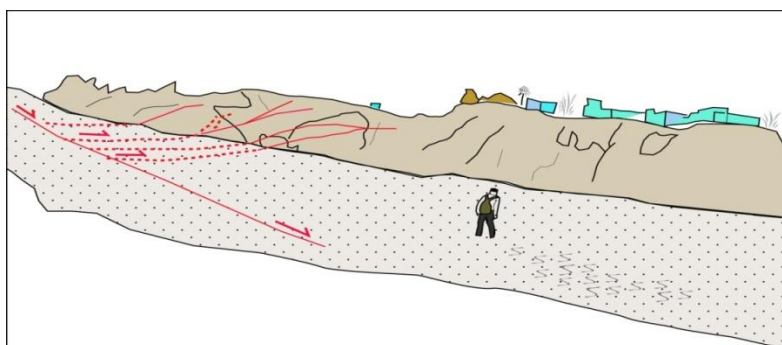
با توجه به جابجایی‌های کم در لایه‌ها و قطع شدگی این لایه‌ها توسط گسل‌ها و همچنین ساختارهای کینک‌بندی تشکیل شده در نتیجه برش توده‌های سنگی در طول رودخانه میناب (ایستگاه ۱ و ۲) توسعه چندین رورانندی در بخش جلویی یک سیستم تراستی و احتمال وجود ساختار رمپ پنهان آن در مسیر رودخانه را به اثبات می‌رساند (شکل‌های ۲۲-۳، ۲۳-۳ و ۲۴-۳). امتداد این گسل‌ها در جاهای قابل برداشت اندازه‌گیری شد و اکثراً دارای امتداد N75E می‌باشند.



شکل ۲۲-۳- رورانندی‌های موجود در طول رودخانه در مسیر پیمایش CD که جابجایی کم را نشان می‌دهد، در تصویر پایین جابجایی با فلش مشکی مشخص شده است.



شکل ۳-۲۳- ریک خش لغز با جهت یابی 78SW در صفحه گسلی برداشت شده در مسیر رودخانه میناب که در شکل ۳-۲۴ الف نشان داده شده است. (دید به سمت شمال).

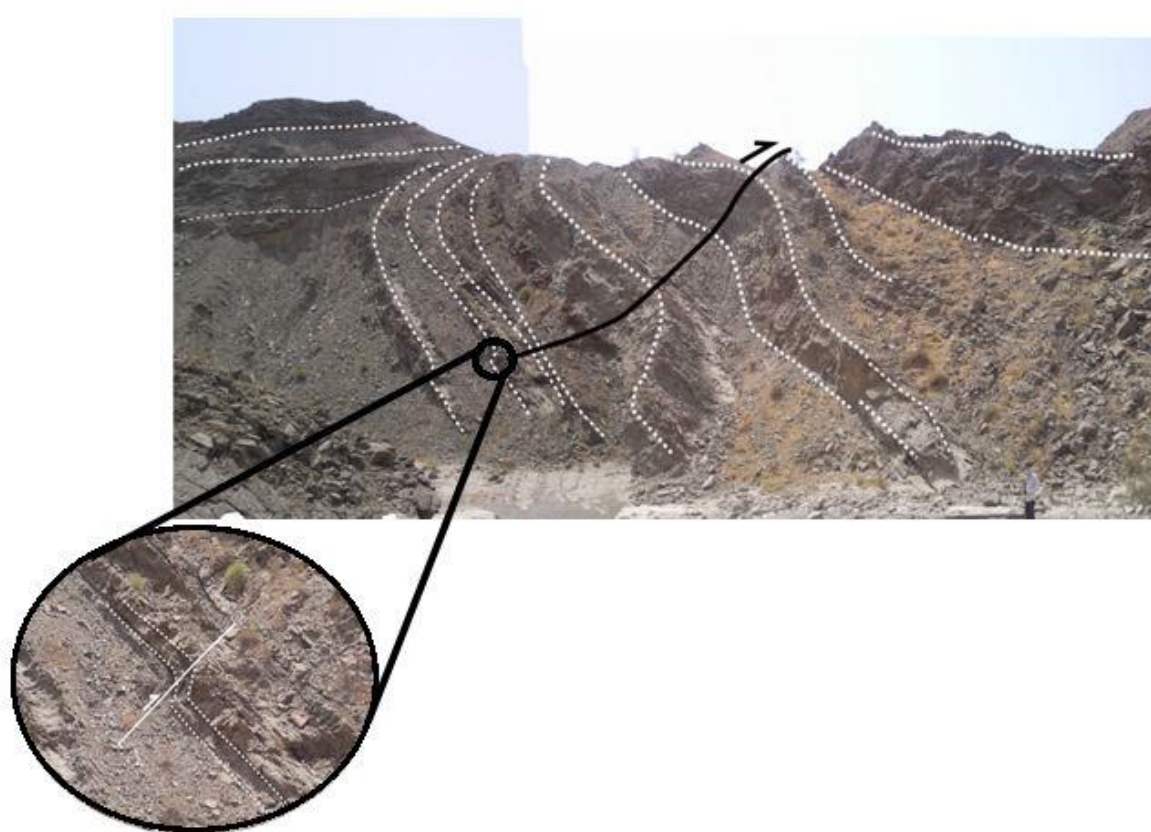


شکل ۳-۲۴- تصویر شماتیک از مسیر رودخانه که نشان دهنده سیستم تراستی به همراه گسل‌های منشعب شده از آن که آثار آن‌ها بر لایه‌های ماسه‌سنگی و کنگلومرایی در شکل‌های ۳-۲۰، ۳-۲۱ و ۳-۲۲ نشان داده شد (دید بسمت جنوب خاور).

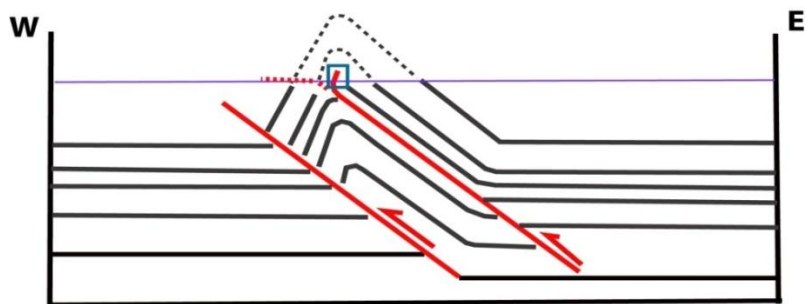
ایستگاه شماره ۳ :

این ایستگاه در مسیر پیمایش AB (ایستگاه E در شکل ۳-۱۴) و در تقادیس میناب قرار دارد. دگرریختی مشاهده شده در این ایستگاه وجود یک گسل را به اثبات می‌رساند. چین‌خوردگی‌ها معمولاً همراه با دگرریختی‌هایی می‌باشند که این دگرریختی‌های ساختاری توسط دو ویژگی که عبارتند از :

(۱) توسعه دسته‌ای از درزه‌های عمود بر لایه‌بندی جهت تفسیر قبل از چین‌خوردگی و (۲) ساختارهای مرتبط با تغییر شکل همزمان یا بعد از چین‌خوردگی بویژه تراست‌های وابسته به چین‌های کینک نامتقارن در مقیاس متر، دسته‌ای از تراست‌های کم‌شیب که باعث پدیده کینک مجدد در صفحات می‌شود و تغییر شکل درزه‌های قبل از چین‌خوردگی در تشخیص ارتباط چین‌خوردگی با گسل مورد بررسی و استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به نزدیک بودن محل برداشت این رخنمون با گسل میناب و همچنین چین‌های کینک در مقیاس متری و کوچکتر در این رخنمون که در شکل ۳-۲۵ نشان داده شده بیانگر بیرون‌زدگی تراست میناب در این منطقه و تشکیل یک چین مرتبط با گسل می‌باشد (شکل ۳-۲۶).



شکل ۳-۲۵- دگرشکلی لایه‌های ماسه‌سنگی برداشت شده در مسیر پیمایش AB (ایستگاه E در شکل ۳-۱۴). خطوط منقطع سفید رنگ لایه‌بندی و خط مشکی گسل میناب را نشان می‌دهد، تصویر پایین بزرگ‌نمایی دایره مشخص شده بر روی دگرشکلی را نشان می‌دهد که بیانگر یک چین مرتبط با توسعه گسل می‌باشد.



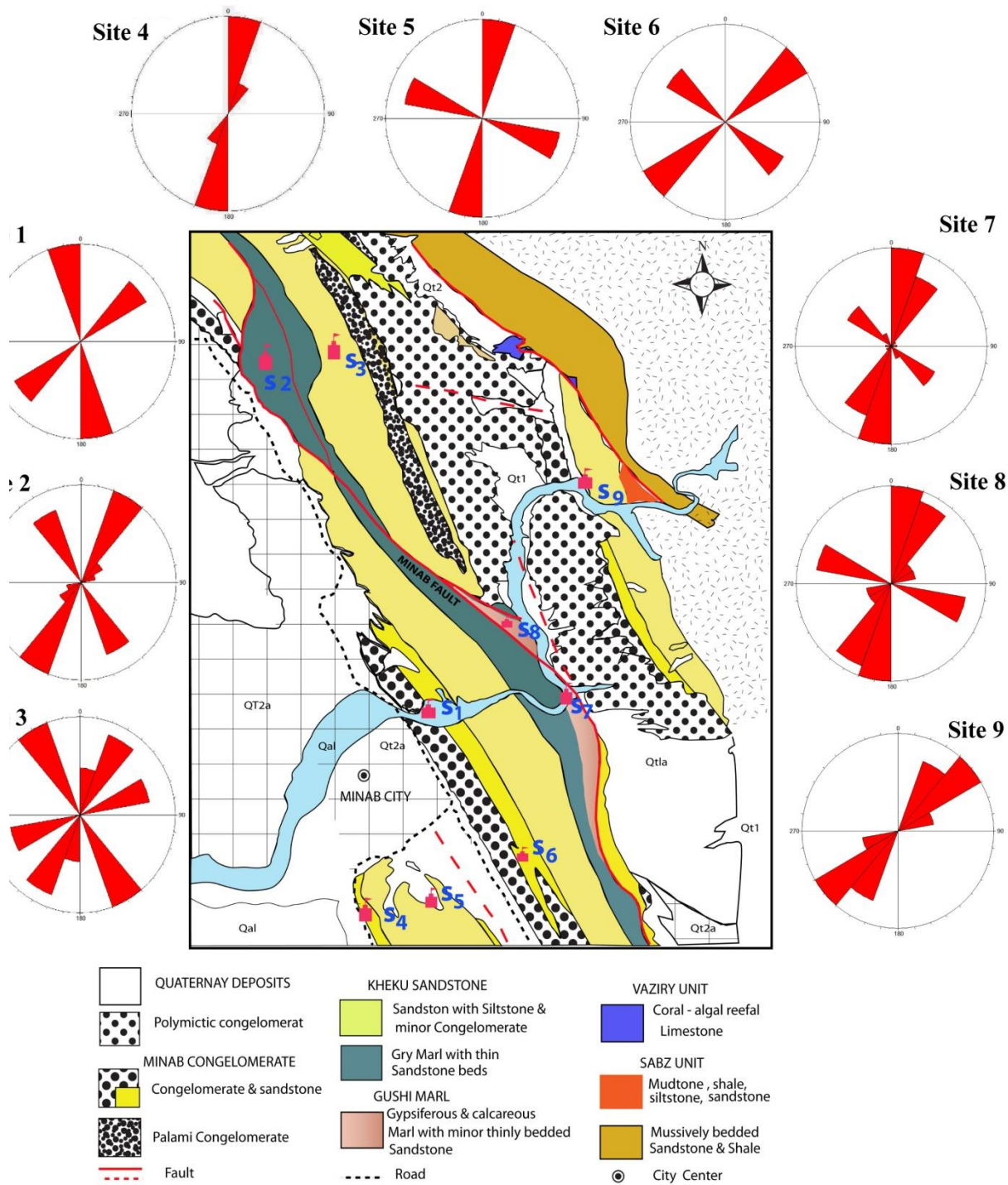
شکل ۳-۲۶- طرحی از دگرشکلی نشان داده شده در شکل ۳-۲۲۵ که بیانگر ارتباط چین تشکیل با گسل میناب می‌باشد.

۳-۶- درزه‌ها

از آنجایی که منطقه مطالعاتی از دیدگاه زمین‌شناسی ساختمانی بین دو زون ساختاری مکران و زاگرس قرار گرفته است، لذا مطالعه درزه‌ها در این منطقه بسیار مهم می‌باشد و همچنین با توجه به حضور سد میناب در محدوده مورد نظر و نزدیکی به دریا، مطالعه درزه‌ها در این منطقه می‌تواند جهت شناسایی مسیرهای هیدرولیکی مؤثر در تغذیه دشت‌های مجاور و تعیین نقاط مهم و غنی از آب زیرزمینی و چشمه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

در منطقه مورد مطالعه انواع سیستم درزه‌ها در بخش‌های مختلف ساختاری مورد بررسی و برداشت قرار گرفته‌اند.

درزه‌ها و شکستگی‌های این منطقه ۹ ایستگاه برداشت شده‌اند و در آن‌ها روند غالب و درزه‌های سیستماتیک و غیرسیستماتیک مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در نهایت نمودارهای گل سرخی مربوط به این درزه‌ها که بیانگر امتداد غالب درزه‌ها در هر ایستگاه می‌باشد ترسیم گردید. موقعیت‌هایی که درزه‌ها برداشت شده‌اند همراه با نمودارهای گل سرخی مربوط به این درزه‌ها بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه مشخص گردیده است (شکل ۳-۲۷).



شکل ۳-۲۷- پراکندگی سیستم درزه‌ها بر روی نقشه زمین‌شناسی به همراه نمودار گل‌سرخ‌ی در هر ایستگاه که بیانگر

روند غالب درزه‌ها در هر ایستگاه می‌باشد.

۳-۷- تجزیه و تحلیل شکستگی‌های منطقه مطالعاتی

بررسی و مطالعه روندهای شکستگی‌ها و تجمع هر کدام از این روندها و ارتباط این‌ها با یکدیگر می‌تواند کمکی برای تفسیر دگرشکلی ناحیه‌ای باشد. با استفاده از طرح شکستگی‌ها و نمودارهای گل سرخی به دست آمده در برداشت‌های صحرائی و در مقیاس مزوسکوپی و همچنین بررسی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای روند غالب شکستگی‌های اصلی منطقه مورد مطالعه از راستای N 05 E تبعیت می‌کنند که تقریباً هم روند کلی گسل‌ها در منطقه می‌باشد.

بر اساس رزیدیاگرام نهایی به دست آمده از جهت شکستگی‌های منطقه مطالعاتی دو روند کلی

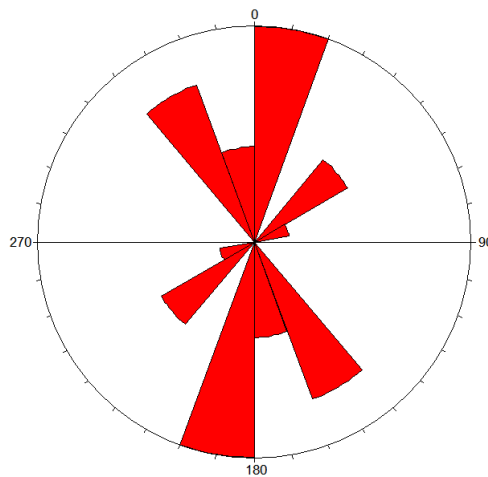
۱- شکستگی‌های با روند شمال خاور - جنوب باختر (N 05 E).

۲- شکستگی‌های با روند شمال باختر - جنوب خاور (N 30 W).

و یک روند شکستگی با فراوانی کمتر

۳- شکستگی‌های شمال خاوری - جنوب باختری با موقعیت (N 55 E).

را می‌توان برای شکستگی‌ها در نظر گرفت (شکل ۳-۲۸).



شکل ۳-۲۸- نمودار گل سرخی نهایی مربوط به درزه‌های برداشتی از منطقه مطالعاتی

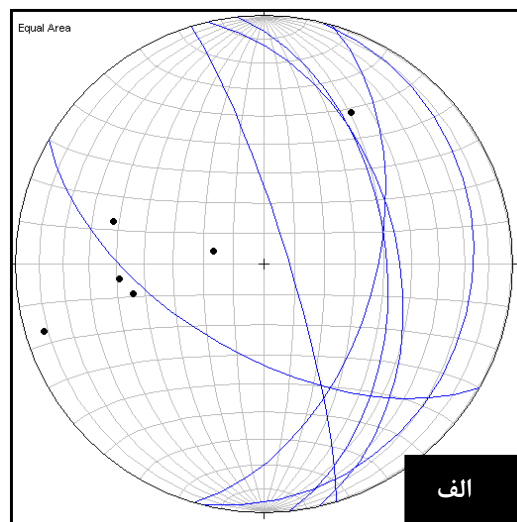
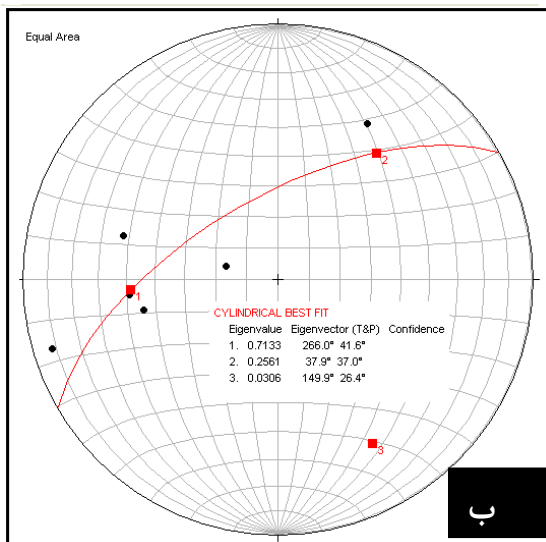
۳-۸- تعیین راستای تنش‌های اصلی

تحلیل تنش و تهیه نقشه‌های آن ابزار مناسبی برای درک تحول ژئودینامیکی منطقه در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی است. جهت تعیین راستای تنش دیرینه اصلی از عناصر ساختاری چون گسل‌ها و چین‌خوردگی‌ها استفاده می‌گردد.

با توجه به توزیع هندسی عناصر ساختاری در منطقه و اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی این عناصر و مقایسه انواع مختلف آن می‌توان توزیع محورهای جنبشی را در بخش‌های مختلف منطقه به طور کلی به- دست آورد. امروزه زمین‌شناسان برای تعیین راستای تنش اصلی از روش‌های متعددی استفاده می‌کنند. تعیین جهات تنش‌های اصلی به کمک آرایش گسل‌ها و بردار لغزش روی آن‌ها در گسل‌ها، بطور اساسی پس از تئوری اندرسون (Anderson, 1942) شکل گرفت. روش‌های دیگر مانند الکساندروسکی (Aleksandrowski, 1985) و آرتود (Arthaud, 1969) مبتنی بر سطوح حرکت (Movement planes) هستند (Aleksandrowski, 1985).

۳-۸-۱- تعیین موقعیت محورهای استرس با استفاده از سطح محوری چین‌ها

یکی از روش‌های تعیین موقعیت محورهای استرس با استفاده از سطوح محوری چین‌های موجود در منطقه است. خطی که عمود بر سطح محوری چین قرار می‌گیرد همان محور فشردگی به وجود آورنده چین می‌باشد، که برابر محور تنش بیشینه (σ_1) است. با توجه به اندازه‌گیری‌های به عمل آمده از وضعیت چین‌های منطقه به سن میوسن - پلیوسن، به کمک محور چین‌ها و صفحه محوری آن‌ها مختصات محور تنش بیشینه به دست آمد (شکل ۳-۲۹).



شکل ۳-۲۹- الف : سیکلوگراف مربوط به سطح محوری چین‌های موجود در منطقه.

ب: موقعیت محورهای اصلی تنش بدست آمده برای منطقه مورد مطالعه.

با میانگین گرفتن از موقعیت محورهای فشردگی به دست آمده از روی سطوح محوری چین‌ها مختصات محور فشردگی (σ_1)، (نقطه ۱)، برای این منطقه برابر با $۲۶۶/۴۱$ ، موقعیت محور کشیدگی (σ_3)، (نقطه ۳)، برابر با $۱۵۰/۲۶$ و موقعیت محور σ_2 ، (نقطه ۲)، برابر با $۳۸/۳۷$ خواهد بود. با توجه به راستای غالب تنش به-دست آمده، ساختارهای ایجاد شده در منطقه را بهتر می‌توان توجیه کرد (شکل ۳-۳۰).



الف



ب

شکل ۳-۳۰ - الف) روند عمومی شکستگی‌های منطقه. (فلش سفید رنگ جهت σ_1 و فلش آبی رنگ جهت σ_3 را نشان می‌دهد) (دید بسمت شمال خاور). ب) شکستگی‌هایی که با تنش اصلی (σ_1) زاویه ۴۵ درجه می‌سازند (دید بسمت جنوب خاوری).

همانطور که در شکل ۳-۳۰ الف دیده می‌شود روند عمومی شکستگی‌های منطقه عمود بر بیشترین میزان فشارش (σ_1) می‌باشد.

۳-۹- دگر ریختی‌های ترشیری - کواترنری مرتبط با گسل میناب

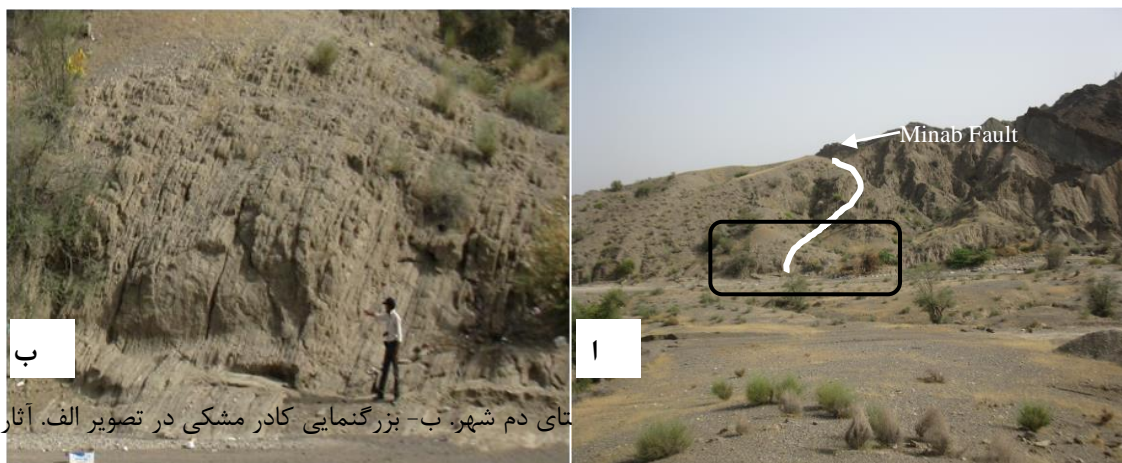
۳-۹-۱- بررسی فعالیت‌های نوزمین‌ساختی

تعاریف گوناگون در ارتباط با علم نوزمین‌ساخت بیان شده است. در این تحقیق تعریف ارائه شده توسط ویتافنزی مورد توجه قرار گرفته است. به اعتقاد وی علم نوزمین‌ساخت فقط تغییر شکل‌های ایجاد شده از اواخر سنوزوئیک تا عهد حاضر که قابل آنالیز باشند، را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد (Vita-Finzi, 1962).

به طور کلی فعالیت‌های نوزمین‌ساختی با علائم و شواهد مختلف از جمله علائم و شواهد زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، باستان‌شناسی، زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی و ژئودزی قابل شناسایی و بررسی هستند. علائم و شواهد زمین‌شناسی فعالیت‌های نوزمین‌ساختی شامل آن دسته از حرکات و تغییر شکل‌هایی می‌شود که در اواخر دوران سوم شروع شده و تا کنون ادامه دارند. از جمله این نوع حرکات و تغییر شکل‌ها می‌توان به کوتاه یا طولیل‌شدگی، ضخیم یا نازک‌شدگی، خمیدگی یا کمائی‌شدن جوان در پوسته، چین‌خوردگی، گسل‌خوردگی و شکستگی جوان در سنگ‌ها و طبقات زمین و فرآیندهای دیاپیرسم، ناپیوستگی جوان، ناهمسانی، آشفشان و ایزوستازی جوان اشاره نمود. علائم و شواهد ژئومورفولوژی شامل تغییر شکل‌های غیر عادی در شکل مسیر، نیمرخ بستر و مقطع عرضی رودخانه‌ها و دره‌ها، تغییرات غیر عادی در مخروط افکنه‌ها، تغییرات غیر عادی در تراس‌های رودخانه‌ای و دریایی، تغییرات غیر عادی در دلتای رودخانه‌ها، وجود پرتگاه‌های گسلی، وجود پیشانی کوهستانی گسلی، وجود تنگه‌های گسلی و چین‌خوردگی جوان، تغییرات غیر عادی در خطوط ساحلی و آثار رانش در رسوبات جوان و غیره می‌باشد.

۳-۹-۲- بررسی شواهد نوزمین ساختی

نهشته‌های جوان به دلیل ثبت دگرشکلی‌های جوان و متعلق به زمان کواترنری، حائز اهمیتند و شاهدی بر فعالیت جدید گسل‌ها و در نتیجه تشخیص گسل‌های فعال خواهند بود. مطالعه دگرریختی‌های جوان در منطقه مورد مطالعه، به ویژه فعالیت کواترنری گسل‌ها، جهت بررسی‌های زمین ساخت جنبه محدودده مورد نظر از اهمیت فراوانی برخوردار است. با توجه به شواهد مشاهده شده در امتداد گسل میناب که از مهمترین علائم و شواهد زمین شناسی در آن‌ها، می‌توان به چین‌خوردگی‌های مرتبط با راندگی در سنگ‌هایی به سن پلیوسن اشاره کرد که در بخش تحلیل هندسی و جنبشی ساختارها مفصل بحث شد. علاوه بر چین‌های ذکر شده و همچنین راندگی‌ها و ساختارهای کینک توسعه یافته در واحدهایی به سن میوسن - پلیوسن شواهد دیگری مبنی بر فعالیت‌های جدید گسل میناب در محدوده مطالعاتی مشاهده شده است که در ادامه ارائه می‌گردد. شواهدی از فعالیت‌های جدید گسل میناب شامل آثار گسل بر روی آبرفت‌های جوان خاور روستای دم شهر در ترانشه حفر شده به منظور اجرای پروژه‌های عمرانی، شواهد و آثار برشی این گسل در تراس رودخانه‌ای خاور جاده میناب - رودان و ... قابل مشاهده می‌باشد که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. در خاور جاده میناب - رودان و در پیمایش‌های صورت گرفته در مسیر AB (موقعیت ۱ در شکل ۳-۵) شواهد و آثاری از عملکرد گسل میناب در تراس رودخانه‌ای قابل مشاهده است. این آثار برشی گسل میناب بر روی تراس رودخانه‌ای از بارزترین شواهد فعالیت‌های جدید این گسل می‌باشد. در دره‌ای (تقریباً خاوری - باختری) با موقعیت جغرافیایی $33^{\circ} 2' 57^{\circ}$ طول خاوری و $16' 51'' 27^{\circ}$ عرض شمالی، گسل میناب مارن‌های خاکستری رنگ همراه با لایه‌های ماسه سنگ را از کنگلومرای میناب و واحد کواترنری جدا می‌کند. در امتداد این دره تراس رودخانه‌ای که شامل ماسه سنگ و کنگلومرای متوسط دانه است تحت تاثیر این گسل قرار گرفته و تراس‌ها بصورت عمودی درآمده است (شکل ۳-۳۱).



ب- بزرگنمایی کادر مشکی در تصویر الف. آثار
 استای دم شهر ب- بزرگنمایی کادر مشکی در تصویر الف. آثار

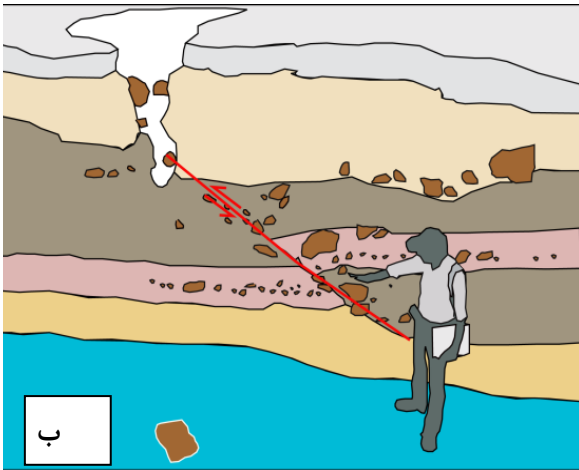
برشی این گسل در تراس رودخانه‌ای

همچنین در راستای گسل میناب لایه‌های ماسه سنگی مربوط به ماسه سنگ خکو از واحد مکران در موقعیت جغرافیایی $26^{\circ} 2' 57''$ طول خاوری و $25^{\circ} 16' 27''$ عرض شمالی در اثر عملکرد این گسل به صورت خردشدن لایه‌های ماسه سنگی به سن میوسن- پلیوسن و چین خوردگی مارن‌های گوشه‌ای به سن میوسن پایینی مشاهده می‌شود که از دیگر شواهد فعالیت این گسل در ترشیری- کواترنری می‌باشد (شکل ۳-۳۲).



شکل ۳-۳۲- عملکرد گسل میناب به صورت دگرریختی و خردشدگی
 لایه‌های ماسه‌سنگی (دید بسمت جنوب خاور)

آثار گسل میناب بر روی آبرفت‌های جوان خاور روستای دم شهر در ترانشه حفر شده به منظور اجرای پروژه‌های عمرانی، نیز مشاهده می‌شود که با توجه به جابجایی ۴۰ سانتی متری رسوبات جوان با سازوکار معکوس نشان‌دهنده فاز فعالیتی بسیار جدید این گسل در منطقه می‌باشد (شکل ۳-۳۳).



ب



الف

شکل ۳-۳۳-الف) اثر گسل میناب با راستای N45W, 52SW در آبرفتهای شمال روستای دم شهر (دید بسمت جنوب خاوری)، ب) تصویر شماتیک از عملکرد گسل میناب در رسوبات کواترنری (شکل الف).

۳-۹-۲-۱- دگرریختی‌های مرتبط با گسل میناب در مخزن سد استقلال میناب

با توجه به اهمیت سد استقلال میناب و مرتبط بودن این پژوهش با ، تحت تاثیر قرار گرفتن این سد توسط گسل میناب، دگرریختی‌های مرتبط با گسل در دریاچه سد نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در درون دریاچه سد استقلال میناب لایه‌های ماسه سنگی خکو تحت تاثیر فعالیت گسل میناب، دچار چین خوردگی در موقعیت جغرافیایی $27^{\circ} 8' 2''$ طول خاوری و $27^{\circ} 9' 23''$ عرض شمالی (شکل ۳-۳۴)، و حتی باعث حرکت و لغزش توده عظیمی از ماسه سنگ در امتداد گسل میناب و در جهت شیب این گسل شده است (شکل ۳-۳۵).



شکل ۳-۳۴- چین خوردگی واحدهای سنگی به سن میوسن- پلیوسن در ارتباط با پهنه گسلی میناب (دید بسمت جنوب)

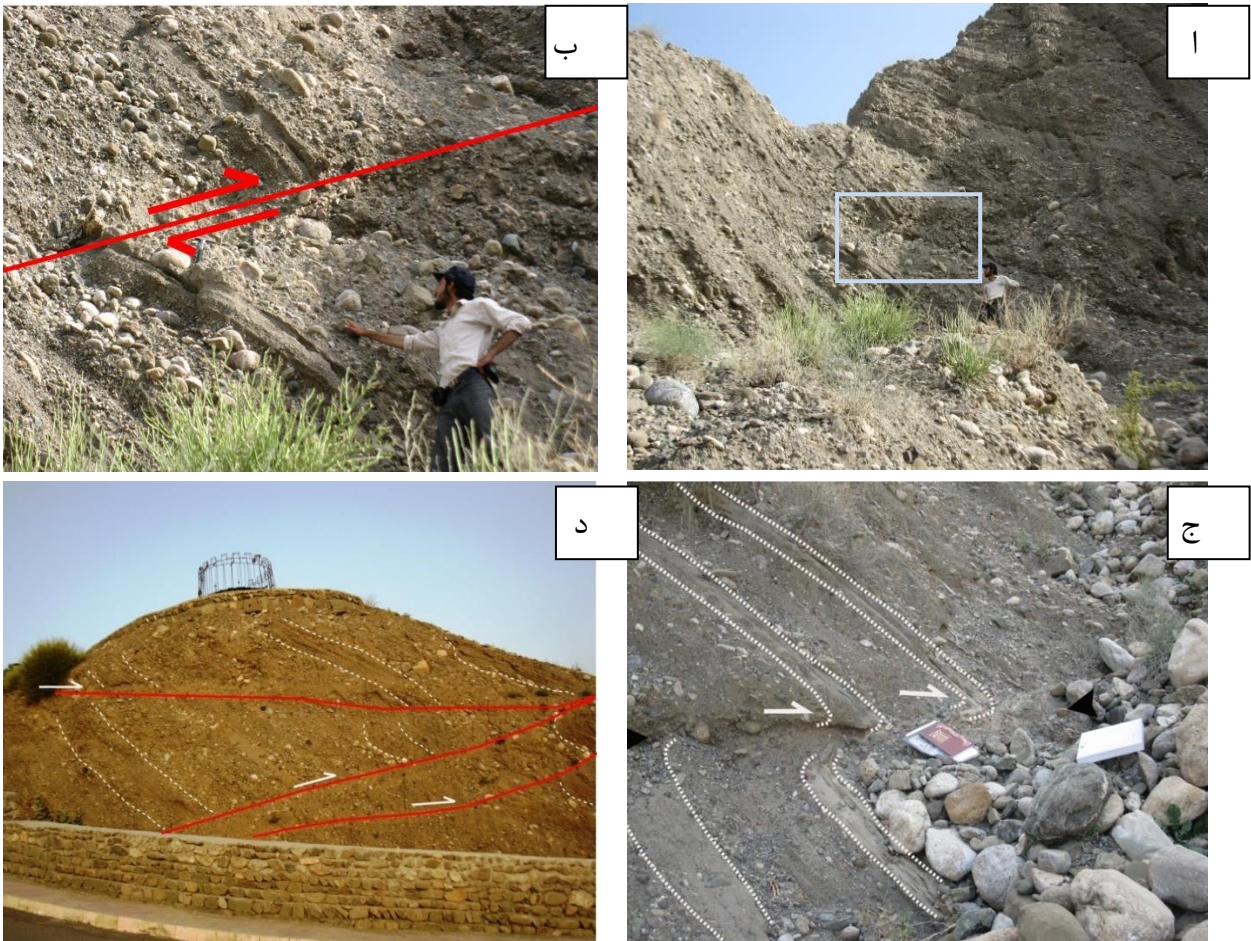
شواهد ذکر شده از اثرات گسل میناب در مخزن سد میناب بویژه لغزش‌های صورت گرفته در اثر حرکت این گسل می‌تواند از مهمترین دلایل و شواهد ثبت شده در راستای فعالیت کنونی این گسل باشد.



شکل ۳-۳۵- لغزش توده سنگی در راستا و جهت شیب گسل میناب که ساز و کار راندگی گسل را نیز به خوبی نمایش می‌دهد. صفحه مجازی بیانگر شیب گسل و لغزش در امتداد آن می‌باشد (دید بسمت جنوب).

۳-۹-۲-۲- آثار و شواهدی از فعالیت‌های پیرامون گسل میناب

در ۲ کیلومتری جنوب باختری و پایین دست سد میناب در رودخانه میناب جابجایی‌هایی در واحد کنگلومرای میناب دیده می‌شود که می‌توانند به عنوان شاهدی مبنی بر فعالیت نوزمین ساختی در آن محدوده محسوب شوند (شکل ۳-۳۶). با توجه به شواهد و آثار بسیاری از این گسل خوردگی‌ها در واحد کنگلومرای میناب به سن پلیوسن می‌توان این چنین گفت که این گسل‌ها با جابجایی‌هایی در مقیاس سانتیمتر و در بعضی موارد تا بیش از یک متر (شکل ۳-۳۶ ب و ج)، در اثر عملکرد گسل میناب و در پهنه گسلی آن تشکیل شده و مرتبط با آن می‌باشند.



شکل ۳-۳۶- گسلش واحد کنگلومرای میناب در اثر عملکرد پهنه گسلی میناب . الف) گسلش واحد کنگلومرای میناب (دید بسمت جنوب)، ب) بزرگنمایی کادر مستطیلی در قسمت الف که نشان دهنده گسل معکوس با مولفه راستبر با جابجایی ۱/۳۰ سانتی‌متر و مشخصات N55E, 30SE، ج) نمایی از یک راندگی با جابجایی ۳۰ سانتیمتر و مشخصات N67E, 17SE (دید بسمت جنوب)، د) گسل خوردگی کنگلومرای میناب در پارک تفریحی بام شهر میناب (دید بسمت جنوب خاوری).

فصل چهارم

نقش ساختاری های زمین شناسی



تراوش و آبلذری از سدیناب

مقدمه

یکی از مشکلاتی که در انجام عملیات سد سازی و همچنین پس از اتمام ساخت سد وجود دارد تراوش و فرار آب می باشد. تراوش به خروج غیر طبیعی آب به میزان زیاد از مخزن در اثر شکاف ایجاد شده در بدنه

سد و یا سنگ‌های اطراف آن اطلاق می‌گردد (حافظی مقدس، ۱۳۹۰). این پدیده می‌تواند بدلیل وجود گسل‌های سراسری در مخزن، حفره (کاوک) در شالوده سد و حفرات انحلالی و کارستی، درزه‌ها و پهنه‌های برشی و کانال‌های مدفون در زیر سد، شرایط خاص زمین‌شناسی ساختگاه، درست انتخاب نکردن نوع آب بندی با توجه به شرایط زمین‌شناسی در فاز مطالعاتی و یا تغییرات رخ داده بعد از آبگیری نظیر بروز زلزله یا نشست زمین و غیره باشد.

نشست آب از سدها به‌عنوان پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر تلقی می‌گردد. مهمترین مسئله‌ای که در ارتباط با نشست مطرح می‌باشد این است که نشست در طولانی مدت (۵۰ تا ۱۰۰ سال بعد)، خطرات قابل پیش‌بینی برای ایمنی سد بوجود نیورد. دومین مساله آن است که شدت جریان نشست در حد قابل قبولی باشد. از آنجایی که پایداری یک سد غالباً بعنوان مهمترین هدف تلقی می‌گردد اما این پدیده نه فقط برای جسم سد بلکه برای پی و سطح اتصال بین سد و پی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. تراوش و فرار آب در صورتی که کنترل نشده باشد می‌تواند هزینه‌ها و حتی خساراتی به بار آورد و باعث دوباره کاری و اتلاف منابع مالی و غیر مالی در پروژه‌های سد سازی و سدهای آبگیری شده شود که از این جمله می‌توان به هدرروی آب ذخیره شده، بروز فشار بالا برنده و به خطر انداختن پایداری و ایمنی سازه و همچنین خسارات وارده به تاسیسات سد در اثر نشست به درون پی اشاره کرد.

به‌طور کلی هیچ سدی را نمی‌توان آب‌بند کامل در نظر گرفت و مساله فرار آب در کلیه سدها (بویژه در نواحی کارستی) وجود دارد (Knill, 1972). اما با توجه به کم‌آبی در دهه‌های اخیر و اهمیت منابع آب، مطالبات کشاورزی و صنعتی و همچنین به دلیل نبود آبخوان‌های مناسب در برخی موارد، کنترل

تراوش و نشت از سدها با انجام مطالعات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی در مقیاس ناحیه‌ای و سپس در محدوده سد، ضروری می‌باشد. علی‌رغم پیشرفت تکنولوژی در دهه‌های اخیر مشکل فرار آب از سدها به دلیل تنوع شرایط زمین‌شناسی در مناطق احداث سدها هنوز هم بعنوان یک مشکل اساسی مطرح می‌باشد. از سدهایی که بعد از احداث با حجم گسترده فرار آب مواجه بوده‌اند به سد Camarassa در اسپانیا که نشت اولیه ۲/۵ مترمکعب بر ثانیه به مقدار ۱۱/۵ متر مکعب در ثانیه افزایش یافته است (Milanovic, 1997) و همچنین سد لار در ایران با فرار آب ۱۰/۸ متر مکعب در ثانیه می‌توان اشاره نمود.

۴-۱- تراوش و فرار آب از مخازن و تکیه‌گاه‌های سدها

با احداث سد بر روی رودخانه و ایجاد مخزن، مورفولوژی طبیعی رودخانه از معبری برای عبور آب به شکل دریاچه تغییر می‌یابد و همزمان با آن، رفتار جریان آب زیرزمینی در محل سد نیز تغییر می‌نماید. به این معنا که اگر قبل از احداث سد، آبخوان آب زیرزمینی باعث تغذیه رودخانه می‌شد حال دریاچه سد سبب تغذیه آبخوان آب زیرزمینی می‌گردد و چه بسا در صورت وجود شرایط مناسب از جمله درزه‌ها و شکستگی‌ها باعث فرار آب از مخزن و حتی تهدید پایداری سد گردد. آب جمع شده در مخزن سد ممکن است از محل پی سد یا تکیه‌گاه جانبی آن تراوش نماید. با علم به اینکه پس از آب‌گیری سد، بار هیدرولیکی افزایش می‌یابد فرار آب هر چند به مقدار ناچیز اجتناب‌ناپذیر است و هیچ مخزنی را نمی‌توان آب‌بند کامل در نظر گرفت. مناطقی که درز و شکاف‌ها و مجاری انحلالی در آنها توسعه یافته‌اند پتانسیل بیشتری نسبت به دیگر مناطق از نظر مساله فرار آب دارا می‌باشند.

به‌طور کلی بعضی از راه‌های مختلف فرار آب از سدها را می‌توان به شرح زیر بیان کرد (Knill, 1972):

- عبور آب از زیر سد به داخل دره همان رودخانه یا عبور آب از داخل سازندهای کارستی به داخل دره مجاور
- معکوس شدن جریان به داخل چشمه‌ها در نتیجه افزایش تراز آب در مخزن
- فرار آب از طریق فروچاله که به غارهای زیرزمینی متصل هستند

- فرار آب از طریق گسل‌ها و مناطق درز و شکاف‌دار
 - فرار آب در نتیجه شستشوی رس و سایر مواد نرم پرکننده درز و شکاف‌ها و مجاری انحلالی
 - فرار آب در نتیجه انحلال ژئوپس و سایر کانی‌های تبخیری
- با توجه به حالت‌های مختلف در فرار آب از سدها، بررسی پتانسیل وقوع هر یک از این حالت‌ها ضروری می‌باشد. به‌طورکلی در پدیده فرار آب از سدها یک یا چند حالت از حالت‌های مذکور می‌تواند به وقوع بپیوندد.

۴-۲- روش شناسایی تراوش یا فرار آب از مخازن و تکیه‌گاه‌های سدها

مطالعات بررسی فرار آب با استفاده از روش‌های مختلف قبل از احداث سدها و پس از آنگیزی مخزن امری کاملاً ضروری می‌باشد. در زیر روش‌های مختلف شناسایی فرار آب بیان شده است.

۴-۲-۱- استفاده از ردیاب‌ها

امروزه از ردیاب‌ها در موارد متعددی استفاده می‌شود که از رایج‌ترین آن‌ها می‌توان به کاربرد ردیاب‌ها در بررسی تراوش و فرار آب از سدها، بررسی نشت از لوله‌های انتقال مایعات و تعیین پارامترهای فیزیکی خاک اشاره نمود که یکی از کاربرهای مهم استفاده از ردیاب‌ها، بررسی پتانسیل آب‌بندی سازندها در محل احداث سازه‌های آبی از جمله سدها، کانال‌ها و تونل‌های انتقال آب می‌باشد.

به‌طور کلی در بررسی نشت و فرار آب، از تکنیک‌های ردیابی در تعیین نقاط دارای پتانسیل نشت، جهت و مسیرهای احتمالی فرار آب، بررسی نحوه ارتباط هیدرولیکی مخزن سد با منابع آب مجاور، تعیین سرعت و الگوی جریان آب، تعیین دبی نشت آب و در نهایت ارائه یک مدل مفهومی سامانه جریان آب زیر زمینی استفاده می‌شود.

۴-۲-۲ - استفاده از بررسی‌های زمین‌شناسی

مطالعات زمین‌شناسی به عنوان مطالعات پایه در بسیاری از پروژه‌های عمرانی کاربرد دارد و بسته به اهداف هر پروژه انتظارات خاصی را برآورد می‌نماید. از مهمترین اهداف کاربرد مطالعات زمین‌شناسی در بررسی نشت و فرار آب از مخازن و تکیه‌گاه‌های سدها می‌توان تعیین و تفکیک سازندها و مناطق با پتانسیل ذخیره و انتقال آب با توجه به خصوصیات هیدروژئولوژیکی آنها و بررسی‌های زمین‌شناسی ساختمانی اعم از بررسی گسل‌ها، شکستگی‌ها، چین‌خوردگی‌ها و خطواره‌ها را نام برد.

۴-۲-۳ - مطالعات ژئوفیزیکی و اکتشافی

بررسی‌های ژئوفیزیکی که بخشی از کاوش‌های صحرایی می‌باشد به منظور بالا بردن دقت نتایج حفاری‌ها و مطالعات آزمایشگاهی و همچنین در پروژه‌های بزرگ جهت تکمیل اطلاعات بین گمانه‌ها، تفسیر نتایج و ترسیم مقاطع ژئوتکنیکی ساختگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. با استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی اهدافی مانند وضعیت ساختارهای زمین‌شناسی، تعیین محدوده گسترش و مرز رسوبات، تعیین سطح آب زیرزمینی، بررسی امکان وجود حفره و نواحی انحلال یافته در پی، تعیین میزان خردشدگی توده‌های سنگی سخت و ... را دنبال کرد (حافظی مقدس ۱۳۹۰). در این روش که شامل مطالعات ژئوفیزیکی اعم از سطحی و زیرسطحی، احداث گمانه‌های اکتشافی و مطالعات ژئوتکنیکی در محل گمانه‌ها می‌باشد جهت استفاده در شناسایی فرار آب، دقت در مطالعات زمین‌شناسی زیرسطحی، تعیین خصوصیات هیدرودینامیکی لایه‌های زیرین و بررسی موقعیت تراز آب زیرزمینی از مهمترین اهدافی است که مورد توجه قرار می‌گیرد.

۴-۲-۴ - مطالعات هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی

مطالعات هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی یکی از سودمندترین روش‌ها می‌باشد که نتایج حاصل از آن تصویر و مدل تفهیمی بسیار خوبی از منطقه ارائه می‌دهد. در راستای مسأله نشست و فرار آب و به منظور بررسی پتانسیل آب‌بندی سازندها در مطالعات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی مهمترین اهدافی که باید مورد توجه قرار گیرد به شرح زیر است (کرمی و همکاران، ۱۳۸۸):

- ۱- بررسی خصوصیات کمی منابع آب زیرزمینی موجود در منطقه شامل بررسی سطح آب زیرزمینی و نوسانات آن، جهت جریان، بررسی تغییرات آبدهی چشمه‌ها و ...
- ۲- نحوه ارتباط هیدرولیکی مخزن و تکیه‌گاه‌ها با منابع آب پایین دست
- ۳- بررسی خصوصیات کیفی منابع آب موجود در منطقه شامل بررسی تغییرات هدایت الکتریکی، تغییرات آنیون‌ها و کاتیون‌ها و ...
- ۴- تعیین وضع تراوایی زون‌های ارتباطی
- ۵- تهیه مدل مفهومی اولیه

در مطالعات هیدروژئولوژی بررسی برخی موارد که در زیر شرح داده شده را می‌توان از بهترین روش‌های شناسایی تراوش یا فرار آب از مخزن سدها در مطالعات هیدروژئولوژی دانست.

۴-۲-۴-۱- ارزیابی بیلان دریاچه سد

مقدار فرار و نشت آب از مخزن و تکیه‌گاه‌های سد با تراز سطح آب دریاچه سد رابطه مستقیمی دارد. هرچه ارتفاع آب درون مخزن بالاتر رود به علت افزایش بار هیدرولیکی و اضافه شدن محدوده‌های جدیدی با پتانسیل نشت و فرار آب که در ترازهای پایین‌تر آب، دخالتی در فرار و نشت آب نداشتند، مقدار نشت و فرار آب از مخزن و تکیه‌گاه‌های سد بیشتر خواهد شد.

با توجه به شرایط محلی و ویژگی‌های زمین‌شناسی ساختگاه و تکیه‌گاه‌های سد می‌توان مقدار نشت و فرار آب احتمالی را از طریق تغییرات تراز آب دریاچه و محاسبه بیلان سد بدست آورد و در واقع می‌توان رابطه بین تراز آب در مخزن و مقدار فرار آب و نشت را بدست آورد. این رابطه معمولاً یک رابطه خطی

نیست و بسته به زمین‌شناسی منطقه و ویژگی‌های ساختاری تکیه‌گاه‌ها می‌تواند رابطه پیچیده‌ای باشد به گونه‌ای که با بالا رفتن سطح آب در مخزن سد، سطح تماس مخزن و تکیه‌گاه‌ها با آب افزایش می‌یابد و در نتیجه محدوده‌های وسیع‌تری که قبلاً در فرار و نشت آب از مخزن و تکیه‌گاه‌ها نقش نداشتند وارد عمل می‌شوند و به‌طور کلی می‌توان گفت مناطق با پتانسیل نشت و فرار آب و مستعد در هدایت آب در ترازهای مختلف کاملاً متفاوت می‌باشد که همان‌طور که گفته شد به شرایط زمین‌شناسی منطقه بستگی دارد.

۴-۲-۴- بررسی چشمه‌های پایین دست

یکی از راه‌های شناسایی و تشخیص تراوش و فرار آب از مخزن سدها بررسی تغییرات آب‌دهی چشمه‌های پایین دست سد می‌باشد. بنابراین در مطالعه چشمه‌های پایین دست در راستای بررسی فرار آب از سدها، جنبه‌های ظهور چشمه‌های جدید در پایین دست سد پس از آ‌گیری مخزن و تغییرات دبی چشمه‌های دائمی و فصلی موجود در پایین دست سد از مهمترین روش‌های مطالعات در این زمینه می‌باشد. در صورت تراوش و فرار آب تغذیه این چشمه‌ها از داخل مخزن به‌صورت ورود آب مخزن به داخل گسل‌ها، درزه و شکاف‌ها و کانال‌های انحلالی که سبب هدایت آب به چشمه‌ها می‌شوند انجام می‌شود.

البته قابل ذکر است که تغییرات آبدهی چشمه‌ها علاوه بر تراز آب مخزن سد، توسعه و نوع مسیرهای هیدرولیکی محدوده سد و میزان نفوذپذیری توده‌های سنگی مخزن و تکیه‌گاه‌های سد و به تراوایی مواد تشکیل دهنده آبخوان نیز بستگی دارد.

۴-۲-۴-۳ - بررسی تغییرات آب زیرزمینی پایین دست

بررسی خصوصیات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی می‌تواند حاوی اطلاعات مفیدی از جمله منشاء آن، تراوایی لایه‌ها و فاصله محل‌های تغذیه و تخلیه باشند. کاربردی‌ترین و ساده‌ترین شیوه در مطالعه منابع آب زیرزمینی در راستای تراوش و فرار آب از مخزن سدها، بررسی تغییر تراز آب زیرزمینی پایین دست در فصول و سال‌های مختلف قبل و بعد از آبگیری سد و تفسیر ارتباط آن با تغییرات راقومی آب در مخزن سد می‌باشد. در این روش در صورت تراوش و فرار آب از مخزن سد و با توجه به جهت جریان و میزان نفوذپذیری توده‌های سنگی معمولاً با یک فاصله زمانی تغییراتی در تراز آب زیرزمینی پایین دست رخ می‌دهد که در ارتباط با تغییرات تراز آب دریاچه سد می‌باشد. البته باید به موقعیت تراز آب زیرزمینی نسبت به تراز کف مخزن و حداکثر تراز آب مخزن توجه شود.

بررسی سطح آب زیرزمینی و تغییرات آن برای بررسی وضعیت هیدروژئولوژیکی آبخوان‌ها بسیار ضروری است. به‌طورکلی بررسی این امر در شناخت نوسانات سطح آب و ارتباط آن با سامانه ورودی آب به داخل آبخوان و همچنین حداقل و حداکثر ارتفاع سطح آب زیرزمینی می‌تواند در بحث مربوط به فرار آب از مخازن سدها بسیار مفید باشد.

۴-۲-۴-۴ - چاه‌های پیزومتر

چاه‌های پیزومتری در واقع چاه‌های اکتشافی هستند که برای تعیین جنس و ضخامت لایه‌های آبدار دشت‌ها، تعیین عمق سنگ کف، محاسبه ضرایب هیدرودینامیکی و همچنین جهت بررسی‌های کمی و کیفی آب در عمق‌های مختلف حفر می‌شوند. جهت بررسی ارتباط هیدرولیکی مخازن سدها با منابع پایین دست اطلاعات پیزومترها و تجزیه و تحلیل آن‌ها به صورت کمی و کیفی از اهمیت بالایی برخوردار است. در

این روش می‌توان با مطالعه تغییرات سطح آب زیرزمینی در پیزومترها به وجود یا عدم وجود ارتباط هیدرولیکی منابع آب با نقاط مجاور پی برد و این امر به گونه‌ای است که اگر ارتباط وجود داشته باشد با بالا آمدن و پایین رفتن سطح آب زیرزمینی منطقه، دبی جریان در منابع آب مجاور نیز به‌طور هماهنگی افزایش و کاهش می‌یابد.

گرچه روش‌های متعددی در بررسی نشست و فرار آب از سدها وجود دارد ولی هیچ یک از روش‌ها به تنهایی کافی نمی‌باشد، از این‌رو مطالعات زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی در مقیاس ناحیه‌ای و به دنبال آن مطالعات ردیابی در محدوده سدها که نتایجی کامل‌تر از نتایج سایر روش‌ها را در اختیار متخصصان قرار می‌دهد بیشترین کاربرد را دارد.

۴-۲-۵- روش‌های سنجش از دور (داده‌های حرارتی)

در این روش با توجه به وسعت منطقه مورد مطالعه نوع تصویر ماهواره‌ای مورد نیاز را انتخاب کرده و میزان رطوبت خاک را از طریق پردازش تصویر در نرم‌افزارهای مناسب در محدوده مطالعاتی تعیین کرده و می‌توان با تلفیق نتایج حاصل از این روش با بررسی‌های زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی در شناسایی مناطق و مسیرهای تراوش و فرار آب استفاده کرد. البته قابل ذکر می‌باشد که در صورت نیاز به بررسی‌های ژئوفیزیکی (ژئوالکتریک) خروجی این روش به عنوان پایه در مطالعات ژئوفیزیکی نیز استفاده می‌شود.

۴-۳- ارزیابی آبگذری پی و تکیه‌گاه‌های سد

شناخت مشخصات فیزیکی و مکانیکی پی ساخته‌گاه‌ها برای طراحی یک سازه بهینه از دیدگاه فنی و اقتصادی اهمیت ویژه‌ای دارد. یکی از مهمترین پارامترهای مورد نیاز طراحی در سازه‌های بزرگ به ویژه سازه‌های آبی، نفوذپذیری زمین ساخته‌گاه است. لذا در طی مراحل مختلف پروژه توجه خاصی به مبحث نفوذپذیری بویژه آزمایش‌های نفوذپذیری در گمانه‌های حفاری شده می‌شود. در بررسی نتایج مطالعات زمین شناسی، حفاری‌های اکتشافی و مطالعات ژئوتکنیکی به منظور بررسی فرار آب در سدها آبگذری پی و تکیه‌گاه‌های سد مورد توجه بوده و در این مطالعات در راستای میل به اهداف، نفوذپذیری لایه‌های مختلف زمین مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

عمدتاً ارزیابی آبگذری پی و تکیه‌گاه‌ها به دو روش زیر صورت می‌گیرد:

۴-۳-۱- آزمایش‌های صحرایی

تعیین میزان نفوذپذیری زمین با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و یا صحرایی انجام می‌شود. ولی به دلیل خصوصیات مختلف توده‌های سنگی به ندرت نفوذپذیری زمین در نمونه‌های آزمایشگاهی به‌طور صحیح محاسبه می‌شود. لذا از آزمون‌های نفوذپذیری صحرایی کمک گرفته می‌شود. آزمایش‌های صحرایی یکی از متداول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری نفوذپذیری است و از مطالعات ژئوتکنیک محسوب می‌شود و این آزمایش‌ها که به آزمون نفوذپذیری برجا معروف است و در چاهک‌های دستی یا در مقاطعی از گمانه که توسط پکر مسدود شده قابل انجام است. در مطالعات صحرایی اندازه‌گیری تراوش آب در مقطع مورد نظر از یک گمانه در سنگ‌های درز و شکاف‌دار، تحت فشاری که به نحوه توزیع درزه‌ها و قطع شدن درزه‌ها به وسیله لایه‌بندی در مقطع مورد نظر بستگی دارد انجام می‌شود. دو روش متداول تعیین نفوذپذیری صحرایی سنگ‌ها، آزمایش لوفران و لوژن می‌باشد به گونه‌ای که از آزمایش لوژن (آزمایش آب با فشار) برای تعیین میزان نفوذپذیری سنگ و از آزمایش لوفران (آزمایش آب بدون فشار) در تعیین نفوذپذیری خاک استفاده می‌شود. در این روش توده‌های سنگی با سطوح گسستگی طبیعی مانند درزه، شکاف، سطوح لایه‌بندی،

گسل و غیره، به منظور تعیین نفوذپذیری، این سطوح مورد آزمایش قرار می‌گیرند و در خاک‌ها نیز برای تعیین سرعت نفوذ یا عبور آب از میان ذرات آزمایش مربوطه انجام می‌گیرد.

۴-۳-۲ - استفاده از روش درزه آماري

دومین روشی که در ارزیابی آبگذری پی و تکیه‌گاه‌های سد استفاده می‌شود مطالعات درزه‌آماري می‌باشد. یکی از عوامل مؤثر در بررسی و آنالیز تراوش و فرار آب در توده‌های سنگی ناپیوستگی‌ها و خصوصیات انیزوتروپی آنها می‌باشد که تحت تأثیر بازشدگی، ارتباط و پیوستگی آنها، خصوصیات زبری درزه‌ها و مواد پرکننده می‌باشد (Weaver, 1993). در این روش در هر ایستگاه خصوصیات ناپیوستگی‌ها از جمله امتداد و شیب، فاصله تکرار ناپیوستگی‌ها، نوع ناپیوستگی‌ها و نوع مواد پرکننده تعیین می‌شود و در ادامه با مطالعه آماري بر روی خصوصیات ذکر شده در هر ایستگاه و رسم رزدياگرام، هیستوگرام و استریوگرام مربوط به ناپیوستگی‌ها به تحلیل و یافتن سیستم ناپیوستگی‌های مؤثر در نشت و فرار آب پرداخته می‌شود که در این بین روند غالب درزه‌ها و تقاطع آنها و سپس بازشدگی و نوع مواد پرکننده از اهمیت بالایی برخوردار است. در استفاده از این روش آگاهی از خصوصیات و منشاء مسیرهای هیدرولیکی که در زیر به‌طور مختصر آورده شده است جهت درک بهتر و انجام صحیح این روش ضروری می‌باشد.

۴-۳-۱ - خصوصیات و منشاء مسیرهای هیدرولیکی

در بحث جریان آب در سنگ‌ها ضروری است تا انواع مختلف سطوح ناپیوستگی را تشخیص دهیم به‌طورکلی همه انواع سطوح جدایش به صورت بالقوه به عنوان مسیرهای هیدرولیکی می‌باشند که از آن جمله می‌توان به سطوح لایه‌بندی، درزه‌ها، سطوح کلیواژ، حریم‌های گسلی و غارهای انحلالی اشاره کرد. هر توده سنگ می‌تواند شامل یک یا چند نوع از ناپیوستگی باشد که از نظر هیدرولیکی با توجه به تاریخچه تنش‌های حادث شده و نوع سنگ‌ها می‌توانند شرایط متفاوتی داشته باشند. از بین انواع ناپیوستگی‌ها درزه‌ها و گسل‌ها از اهمیت بیشتری در فرار آب برخوردار هستند.

درزه‌ها در اثر نیروهای برشی، کششی یا تراکمی ایجاد می‌شوند و دلایل این نیروها می‌تواند چین خوردگی، سرد شدن و انقباض در سنگ‌های آذرین، تزریق توده آذرین به سنگ‌های میزبان، برداشته شدن فشار در اثر فرسایش، ذوب یخچال‌ها و تنش ناشی از افزایش حجم سنگ‌های تبخیری و غیره باشد. درزه‌ها در همه سنگ‌ها دیده می‌شوند و منشا آنها متفاوت است ولی به‌طور کلی ایجاد درزه و شکستگی در سنگ‌ها در اثر عملکرد فرآیندهای تکتونیکی مهمترین عامل در ایجاد مسیرهای هیدرولیکی کوچک و بزرگ در توده‌های سنگی است (Milanovic, 1981)، به گونه‌ای که درزه‌ها به عنوان مسیرهای هیدرولیکی فعال محسوب می‌شوند. در مسئله نشت آب از مخازن سدها می‌توان این چنین بیان کرد که فعالیت‌های تکتونیکی شدید باعث توسعه درزه و شکستگی‌های وسیع در سنگ‌های مخزن و تکیه گاه‌های سد می‌شود و این درزه‌ها نیز باعث انتقال آب به بخش‌های عمیق‌تر توده سنگی و هدایت به خارج از مخزن سد خواهد شد.

گسل‌ها و زون‌های برشی انواع منحصر به فرد ناپیوستگی‌ها بوده و نقش مهمی در تشکیل مسیرهای هیدرولیکی دارند. نوع مسیرهای هیدرولیکی تشکیل شده وابسته به جنس سنگ و نوع رژیم‌های تکتونیکی حاکم است.

گسل‌ها مسیرهای مناسبی برای عبور آب می‌باشند. نوع سنگ‌ها در محل گسل از اهمیت خاصی برخوردار است. به خاطر اینکه در طی گسلش سنگ‌های سخت و درشت دانه درزه‌ها و حفرات بزرگتری نسبت به سنگ‌های نرم و دانه‌ریز ایجاد می‌کنند. در مطالعات زمین‌شناسی سدها، گسل‌ها از اهمیت زیادی برخوردار هستند و زون‌های گسله همیشه به صورت مناطق با گذردهی بالای آب می‌باشند. ممکن است مناطق گسله دارای تراوایی کمی باشند که به نوع فعالیت تکتونیکی منطقه و رفتار سنگ و نوع سنگ بستگی دارد و یا ممکن است به صورت مناطقی باشند که به سختی بتوان آن را به دلیل شکاف‌های موجود به وسیله تزریق نفوذناپذیر نمود. بنابراین مطالعات در این زمینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نحوه قرارگیری صفحه گسل (شیب گسل) نسبت به مسیر جریان آب می‌تواند از مهمترین عوامل تأثیر گذار در تراوش و فرار آب از گسل‌ها باشد. در واقع با توجه به ویژگی‌های گسل‌ها مانند: (۱) عرض پهنه خردشده، (۲) حضور و نوع مواد

پرکننده، ۳) میزان فعالیت گسل، ۴) نحوه قرارگیری هندسی گسل، تأثیرات متفاوتی می‌توانند در جریان-های زیرزمینی و همچنین انتقال و هدایت آب و ایجاد مسیرهای هیدرولیکی داشته باشند.

با توجه به تکتونیک منطقه و فعالیت گسل‌ها هر گسل دارای یک پهنه برشی با عرض متغییر می‌باشد. تعیین این پهنه خرد شده (زون گسلی) و جنس مصالح در پهنه خرد شده جهت تعیین میزان تراوایی زون گسلی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این راستا سنگ‌های گسلی در هسته گسل و زون تخریب را مورد بررسی قرار داده و ضریب نفوذپذیری توده سنگی زون گسلی را مشخص می‌کنیم و با تعیین عرض پهنه خرد شده (پهنای هسته و زون تخریب) طبق رابطه زیر میزان دبی فرار آب توسط زون گسلی را برآورد می‌کنیم.

$$Q = A \times K \times h/L \text{ (رابطه ۴-۱)}$$

که در این رابطه Q دبی جریان، A مساحت پهنه برشی می‌باشد که از حاصلضرب عرض پهنه برشی و طول موثر این پهنه در مخزن بدست می‌آید، K ضریب نفوذپذیری توده سنگی پهنه برشی و h ارتفاع آب در مخزن می‌باشد.

البته قابل ذکر است رابطه فوق باید در حالت‌های حداکثر، میانگین و حداقل ارتفاع آب مخزن مورد استفاده قرار می‌گیرد تا در هر سه حالت دبی فرار آب بدست آید.

تأثیر گسل بر روی جریان سیال در توده سنگ‌ها به طور کامل قابل درک نمی‌باشد. با این حال بعضی مدل‌ها که جریان سیال را در زون‌های گسلی با مقیاس‌های متغییر بررسی می‌کند مطرح شده است که می‌توان به مطالعات صورت گرفته توسط دیویس و دوايست (Davis & Deweist, 1966)، هانتون و لاندی (Huntoon & Lundy, 1979)، مکلی و اسمال (Maclay & Small, 1983) و هنبرگ (Haneberg, 1994) اشاره کرد. از دیگر مطالعات در زمینه تأثیر عوامل تکتونیک بر هدایت هیدرولیکی و فرار آب از توده‌های سنگی می‌توان به پژوهشی که در آن تأثیر گسل‌های کوچک مقیاس با جابجایی کمتر از یک متر بر روی ضریب هدایت هیدرولیکی رسوبات با تراکم ضعیف را مورد بررسی قرار داده است اشاره کرد (Sung-ho Hong, 1999). مطالعه دیگری تحت عنوان ساختارهای زمین‌شناسی کنترل کننده آب زیرزمینی را می‌توان

نام برد که به صورت موردی بر روی گسل لمبانگ^{۱۲} در باختر جاوای اندونزی متمرکز شده است (Robert M. Delinon, 2009).

تأثیر زون گسلی می‌تواند پیچیده باشد به طوری که قسمت‌هایی از زون گسلی با نفوذپذیری پایین خود به عنوان مانعی در جهت جریان آب عمل کند در حالی که قسمت‌های دیگر زون گسلی با نفوذپذیری بالا به عنوان مسیر اصلی انتقال دهنده جریان آب عمل کند (Babiker & Gudmundsson, 2004). زون گسلی در شرایطی که نفوذپذیری آن بیشتر از سنگ میزبان باشد و یا جهت آن در جهت شیب هیدرولیکی باشد می‌تواند به عنوان مسیر ترجیحی مهمی جهت انتقال آب باشد. مطالعات نشان داده است که گسل‌های فعال یا گسل‌های دارای پتانسیل فعالیت به طور عمده جریان آب زیرزمینی را در سنگ بستر کنترل می‌کند (Gudmundsson, 2000). در واقع گسل‌ها با جابجایی لایه‌هایی با نفوذپذیری متفاوت می‌توانند نقش مثبت یا منفی در انتقال آب در آن لایه‌ها داشته باشند (Singhal & Gupta, 2010).

۴-۴- ارزیابی نفوذپذیری توده‌های سنگی به روش تجربی

جریان سیال در توده سنگ به وسیله دو فاکتور، خصوصیات سنگ بکر و خصوصیات ناپیوستگی‌ها کنترل می‌شود. در عبور سیال از توده سنگ این درزه‌ها هستند که عمده جریان را از خود عبور می‌دهند. در مدل‌های ارائه شده غالباً نفوذپذیری سنگ بکر صفر در نظر گرفته می‌شود. چون شبکه شکستگی‌ها کانال اصلی عبور جریان در توده سنگ است، نفوذپذیری در این موارد متأثر از عواملی چون تعداد و تداوم شکستگی‌ها تعیین می‌شود. نفوذپذیری توسط مدل‌های گوناگونی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد از رایج‌ترین آن‌ها روشی است که در آن ضریب هدایت هیدرولیکی توده‌های سنگی بر اساس شکستگی‌های توده سنگ برآورد می‌شود و تغییرات هندسی شکستگی‌ها از مهمترین پارامترهای آن می‌باشد. از آنجایی که در بسیاری از سازندهای زمین‌شناسی با نفوذپذیری پایین زمینه، عبور سیال به صورت نفوذ از میان شکستگی‌ها صورت می‌گیرد. در بعضی موارد جریان از بین یک شکستگی یا گسل عبور می‌کند و در بعضی موارد نیز عبور

^{۱۲}-Lembang

جریان توسط شبکه‌ای از شکستگی‌ها صورت می‌گیرد (Zimmerman, 1996). بنابراین برای ارزیابی نفوذپذیری توده‌های سنگی در مطالعات دیگر سعی در برقراری ارتباط بین شکستگی‌های سنگ با نفوذپذیری توده سنگ شد. از بین مطالعات و مدل‌های ارائه شده در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

مطالعه صورت گرفته توسط باغبانان (Baghbanan & Jing, 2007) که ویژگی‌های هیدرولیکی توده‌های سنگی دارای شکستگی و ارتباط آن با طول و بازشدگی شکستگی‌ها را مورد بررسی قرار داده است. در مطالعه دیگر که توسط بولن (Boulon, 1993) انجام شده تأثیر کاهش درزه‌داری بر روی ضریب هدایت هیدرولیکی توده سنگ‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. کار مشابه دیگری نیز توسط ویر (Weir, 1995)، صورت گرفت که نفوذپذیری توده‌های سنگی را بر اساس درزه‌داری آن‌ها مورد بررسی قرار داد و نتیجه آن به صورت یک مدل برای ارزیابی نفوذپذیری سنگ‌ها بر اساس ارتباط نفوذپذیری با درزه‌داری ارائه شد.

۴-۵- رابطه بین RQD و نفوذپذیری توده‌های سنگی

در پروژه‌های مهندسی مانند ساخت تونل، ساخت سد، توسعه معادن و پایدارسازی شیب‌ها برآورد ضریب هدایت هیدرولیکی توده‌های سنگی دارای شکستگی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. درک خواص هیدرولیکی توده‌های سنگی دارای شکستگی که به رفتار جریان سیال در شکستگی‌ها مرتبط است به عنوان یک مرحله بحرانی و مهم در پشتیبانی این پروژه‌ها محسوب می‌شود. در این راستا شی - منگ هو (Hsu et al, 2009) معادله تجربی جهت پیش‌بینی خصوصیات هیدرولیکی توده‌های سنگی پیشنهاد کرد. ویژگی‌های هیدرولیکی توده سنگ ممکن است به فاکتورهای زیادی از جمله تنش‌های ژئواستاتیک، لیتولوژی و همچنین ویژگی‌های شکستگی‌ها مانند بازشدگی و تناوب، طول، زاویه و جهت‌گیری، تقاطع و پیوستگی، مواد پُرکننده و ظاهر سطح شکستگی‌ها وابسته باشد (Lee & Farmer, 1993; Sahimi, 1995; Foyo et al, 2005; Hamm et al, 2007). با توجه به اینکه معادله ارائه شده اکثر فاکتورهای مزبور را شامل می‌شود از قابلیت اجرایی بسیار بالایی در برآورد ضریب هدایت هیدرولیکی توده سنگ برخوردار است.

مدل تجربی ارائه شده توسط شی - منگ هو جهت تخمین ضریب هدایت هیدرولیکی توده‌های سنگی دارای شکستگی بر پایه مفهوم طبقه‌بندی توده سنگ بنا شده است. در واقع در این مدل مطالعه در راستای تهیه یک طرح کلی از طبقه‌بندی جدید توده سنگ برای تخمین ضریب هدایت هیدرولیکی سنگ‌های دارای شکستگی توسعه یافت و یک سیستم جدید طبقه‌بندی توده سنگ که سیستم HC (HC-system) نامیده می‌شود معرفی شد. اساس این سیستم طبقه‌بندی جدید چهار فاکتور: تعیین درجه کیفیت سنگ (RQD)، شاخص عمق (DI)، تعیین نوع و کیفیت گوج (GCD) و شاخص نفوذپذیری سنگ شناسی (LPI) می‌باشد. قبل از توصیف و شرح سیستم طبقه بندی جدید توده سنگ پتانسیل فاکتورهای RQD, DI, GCD و LPI که ممکن است بر درجه‌ای از نفوذپذیری اثر داشته باشند باید مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این توصیف رتبه هر یک از فاکتورها که نفوذپذیری بالایی را نشان می‌دهد نیز در ادامه شرح داده می‌شود.

۴-۵-۱- تعیین درجه کیفیت سنگ (RQD)(Rock Quality Designation)

در مهندسی سنگ از نقطه نظر مکانیکی درجه‌ای از شکستگی دار شدن نماینده‌ای از کیفیت سنگ بوده و یک شاخص ساده برای تشخیص کیفیت مهندسی سنگ می‌باشد. از نظر هیدروژئولوژیکی شکستگی‌ها بازتابی از توانایی یک سازند در انتقال آب از میان شکستگی‌هایش می‌باشد. بنابراین درجه شکستگی به عنوان یک عامل مهم در ارزیابی نفوذپذیری توده سنگ محسوب می‌شود. جهت ارزیابی تأثیر خصوصیات شکستگی‌ها روی نفوذپذیری، شاخص کیفیت توده سنگ که توسط دیر (Deere & et al, 1967) توسعه یافته بود را مورد استفاده قرار می‌دهیم.

۴-۵-۲- شاخص عمق (DI) (Depth Index)

بسیاری از پژوهشگران (برای مثال Lee & Farmer, 1993; Singhal & Gupta, 1999) معتقدند که نفوذپذیری توده سنگ ممکن است به طور مرتب با عمق کاهش یابد. کاهش نفوذپذیری در جهت عمق در سنگ‌های دارای شکستگی معمولاً بیانگر کاهش در میزان بازشدگی و فاصله‌داری شکستگی‌ها خواهد بود. این کاهش ناشی از تنش‌های ژئواستاتیک بوده که به دنبال آن کاهش نفوذپذیری سنگ‌های دارای شکستگی می‌باشد. شاخص عمق به عنوان یک عامل مهم در تخمین نفوذپذیری توده سنگ از اهمیت بالایی برخوردار است. این شاخص که به DI معروف است معمولاً

بزرگتر از صفر و کوچکتر از یک می‌باشد و بیشترین مقدار DI بیانگر بالاترین نفوذپذیری است. این شاخص در آزمایش‌ها توسط معادله زیر تعیین می‌شود.

$$DI = 1 - L_C / L_T \quad (\text{رابطه ۲-۴})$$

که در این معادله L_T طول کل گمانه و L_C عمق نقطه میانه از فاصله یک جفت آزمایش پکر در گمانه است.

۴-۵-۱- تعیین نوع و کیفیت گوج (GCD) (Gouge Content Designation)

به‌طور کلی گوج‌های غنی از رس مقدار نفوذپذیری بسیار پایینی دارند (Singhal & Gupta; 1999) ، در واقع اگر شکستگی‌ها حاوی پُرشدگی‌هایی از جمله گوج‌ها باشند نفوذپذیری از شکستگی‌ها کاهش پیدا خواهد کرد. برای ارزیابی تأثیر موادهای گوجی روی نفوذپذیری، از شاخص تعیین حجم گوج که GCD نامیده می‌شود و توسط رابطه زیر بدست می‌آید استفاده می‌شود:

$$GCD = R_G / R_T - R_S \quad (\text{رابطه ۳-۴})$$

که در این معادله R_G طول کل حجم گوج می‌باشد. مقدار GCD معمولاً بزرگتر از صفر و کوچکتر از یک ($0 < GCD < 1$) است. بنابراین مقدار GCD بالا برای مقادیر زیاد گوج کاهش نفوذپذیری را به دنبال خواهد داشت.

۴-۵-۱ - شاخص نفوذپذیری سنگ‌شناسی (LPI) (Lithology Permeability Index)

شاخص سنگ‌شناسی خاصیت ویژه‌ای از یک سنگ در شرایطی از ترکیب کانی‌ها، اندازه دانه‌ها، بافت، رنگ و غیره می‌باشد. نفوذپذیری بالا یک سنگ سالم، کاملاً به خاصیت ویژه‌ای از سنگ بستگی دارد و ممکن است تحت تأثیر میانگین اندازه منافذ و توزیع اندازه و شکل ذرات باشد. در سازندهای رسوبی خصوصیات اندازه ذرات از اهمیت بالایی برخوردار است به گونه‌ای که رسوبات دانه درشت و مواد با جورشدگی خوب در مقایسه با رسوبات دانه ریز مثل سیلت و رس نفوذپذیری بالاتری دارند. از این رو سنگ‌شناسی را می‌توان به عنوان یک عامل مهم در ارزیابی نفوذپذیری توده‌های سنگی مطرح کرد. تعیین اثر سنگ‌شناسی بر روی نفوذپذیری به صورت یک شاخص نفوذپذیری سنگ‌شناسی معروف به LPI بیان می‌شود و از جدول ۴-۱ که این شاخص برای مواد گوناگون از مراجع مختلف محاسبه شده استفاده می‌شود.

جدول ۴-۱- توصیف و دسته‌بندی‌هایی از شاخص نفوذپذیری سنگ‌شناسی (Hsu et al, 2009).

سنگ شناسی	هدایت هیدرولیکی (m/s)				محدوده دسته‌بندی	مقدار پیشنهادی
	مرجع ^۱	مرجع ^۲	مرجع ^۳	K _{average}		
ماسه‌سنگ	۱۰ ^{-۶} -۱۰ ^{-۹}	۱۰ ^{-۷} -۱۰ ^{-۹}	۱۰ ^{-۷} -۱۰ ^{-۹}	۱۰ ^{-۷/۵}	۰/۸-۱/۰	۱/۰۰
ماسه‌سنگ سیلتی	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۹-۱/۰	۰/۹۵
ماسه‌سنگ رسی	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۸-۰/۹	۰/۸۵
ماسه‌سنگ سیلتی با میان لایه‌های شیل	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۷-۰/۸	۰/۷۵
تناوب ماسه‌سنگ سیلتی و شیل	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۶-۰/۷	۰/۶۵
شیل با میان لایه‌های ماسه سنگ سیلتی	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۵-۰/۷	۰/۶۰
تناوب ماسه‌سنگ سیلتی و مادستون	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۵-۰/۶	۰/۵۵
دولومیت	۱۰ ^{-۶} -۱۰ ^{-۱۰/۵}	۱۰ ^{-۷} -۱۰ ^{-۱۰/۵}	۱۰ ^{-۹} -۱۰ ^{-۱۰}	۱۰ ^{-۸}	۰/۶-۰/۸	۰/۷۰
سنگ آهک	۱۰ ^{-۶} -۱۰ ^{-۱۰/۵}	۱۰ ^{-۷} -۱۰ ^{-۹}	۱۰ ^{-۹} -۱۰ ^{-۱۰}	۱۰ ^{-۸}	۰/۶-۰/۸	۰/۷۰
شیل	۱۰ ^{-۱۰} -۱۰ ^{-۱۲}	۱۰ ^{-۱۰} -۱۰ ^{-۱۲}	۰۰	۱۰ ^{-۱۰/۵}	۰/۴-۰/۶	۰/۵۰
شیل ماسه‌ای	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۵-۰/۶	۰/۶۰
سیلتستون	۱۰ ^{-۱۰} -۱۰ ^{-۱۲}	۰۰	۰۰	۱۰ ^{-۱۱}	۰/۲-۰/۴	۰/۳۰
سیلتستون ماسه‌ای	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۳-۰/۴	۰/۴۰
سیلتستون رسی	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۲-۰/۳	۰/۲۰
رس سنگ	۰۰	۱۰ ^{-۹} -۱۰ ^{-۱۳}	۰۰	۱۰ ^{-۱۱}	۰/۲-۰/۴	۰/۳۰
مادستون	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۲-۰/۴	۰/۲۰
مادستون ماسه‌ای	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۳-۰/۴	۰/۴۰
مادستون سیلتی	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰/۲-۰/۳	۰/۳۰
گرانیت			۱۰ ^{-۱۱} -۱۰ ^{-۱۲}	۱۰ ^{-۱۱/۵}	۰/۱-۰/۲	۰/۱۵
بازالت	۱۰ ^{-۶} -۱۰ ^{-۱۰/۵}	۱۰ ^{-۱۰} -۱۰ ^{-۱۳}	۰۰	۱۰ ^{-۱۱/۵}	۰/۱-۰/۲	۰/۱۵

¹B.B.S. Singhal & R.P.Gupta (1999)

²Karlheinz spitz & Joanna Moren (1996)

³Bear (1972)

۴-۵-۱- سیستم نفوذپذیری توده سنگ

نفوذپذیری توده‌های سنگ ممکن است به پارامترهای ذکر شده (RQD, DI, GCD, LPI) وابسته بوده و از آنها تبعیت کند با این حال نمی‌توان نفوذپذیری را به سادگی متأثر از فقط یک پارامتر دانست و ممکن است تحت تأثیر دو فاکتور، سه فاکتور یا هر چهار فاکتور قرار گیرد. بنابراین از یک طرح کلی طبقه بندی جدید توده سنگ در راستای تهیه سیستم نفوذپذیری توده سنگ به کار برده شد که این طبقه‌بندی جدید توده سنگ از حاصلضرب چهار پارامتر ذکر شده حاصل می‌شود. این سیستم طبقه بندی توده سنگ که به “HC – system” معروف است توسط رابطه زیر بدست می‌آید.

$$HC = \left(1 - \frac{RQD}{100}\right) (DI) (1 - GCD) (LPI) \quad (\text{رابطه ۴-۴})$$

مقادیر هر یک از پارامترهای قسمت راست معادله معمولاً بزرگتر از صفر و کوچکتر از یک می‌باشند و بیشترین مقدار هر یک از پارامترها بیشترین نفوذپذیری را نشان می‌دهد. بنابراین سیستم HC بیانگر یک ارزیابی عددی از نفوذپذیری توده سنگ با استفاده از چهار پارامتر ذکر شده می‌باشد.

در ادامه شی - منگهو مطالعات را روی ارتباط بین ضریب هدایت هیدرولیکی و سیستم HC متمرکز کرد که این تلاش‌ها بیانگر وابسته بودن مقادیر سیستم HC به ضریب هدایت هیدرولیکی بدست آمده در آزمایش‌های مربوطه و همچنین بیانگر وجود یک ارتباط بسیار زیاد و منطقی بین آنها می‌باشد. در نتیجه برقراری ارتباط بین سیستم HC و ضریب هدایت هیدرولیکی معادله‌ای جهت ارزیابی نفوذپذیری توده سنگ با استفاده از سیستم HC پیشنهاد گردید که این معادله به صورت زیر می‌باشد.

$$K = 2.93 \times 10^{-6} \times (HC)^{1.380} \quad (\text{رابطه ۴-۵})$$

۴-۶ - ارزیابی فرار آب از سد میناب

با توجه به روش‌های مختلف شناسایی فرار آب در ساختگاه و تکیه‌گاه‌های سد، جهت ارزیابی فرار آب از سد میناب، در این پژوهش روش‌های مرسوم مانند (۱) بررسی‌های زمین‌شناسی شامل خصوصیات سنگ‌شناسی و ویژگی‌های ساختاری منطقه و نقش آن در آبگذری از سد، (۲) مطالعات هیدروژئولوژی شامل ارزیابی بیلان دریاچه سد، بررسی تغییرات آب زیر زمینی پایین دست و بررسی چاه‌های پیزومتری، که بر اساس داده‌های رقومی برداشت شده توسط کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای استان هرمزگان، صورت می‌گیرد، (۳) ارزیابی آبگذری تکیه‌گاه‌های سد با استفاده از روش درزه‌آماری و بررسی

خصوصیات مسیرهای هیدرولیکی که بر مبنای برآورد نفوذپذیری توده‌های سنگی به روش تجربی انجام می‌شود، مورد استفاده قرار گرفته است. در ادامه نتایج بدست آمده از این مطالعات ارائه می‌گردد.

۴-۵-۳- زمین‌شناسی محور سد

در محدوده‌ای که ساختگاه سد میناب در آن قرار می‌گیرد، امتداد لایه‌های ماسه‌سنگی N45W و شیب آنها حدود 50-60 SW می‌باشد. سد میناب در محدوده مخزن شامل لایه‌های ماسنگی همراه با سیلتستون به سن میوسن میانی - بالایی و در قسمت شرقی مخزن مارن‌های خاکستری با درون لایه‌های نازک ماسه‌سنگ به سن میوسن میانی می‌باشد (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- نمایی از سد میناب و موقعیت لایه‌های ماسه‌سنگی نسبت به جهت جریان.

از نظر تقسیمات زمین‌شناسی، حوضه آبریز سد میناب در محدوده زون مکران قرار دارد. این منطقه از نظر تکتونیکی یکی از فعال‌ترین زون‌های کشور محسوب می‌شود. از دیدگاه تکتونیکی حوضه آبریز رودخانه میناب در یک منطقه ساختاری پیچیده قرار دارد. وجود گسل‌های اصلی و فرعی و رخنه‌های سنگ‌های ولکانیک و آمیزه‌های رنگی در قسمت‌های شمال خاوری محدوده مطالعاتی، نشانه‌ای از این پیچیدگی هستند. در محدوده مطالعاتی، تاقدیس‌های باریک و در برخی موارد طویل مشاهده می‌شود که روند کلی محور این تاقدیس‌ها شمال‌باختری - جنوب‌خاوری می‌باشد. گسل‌های اصلی (میناب، زندان، پالامی و...) با روند شمالی - جنوبی و شمال‌باختر - جنوب‌خاور نیز منطقه را تحت تاثیر قرار داده‌اند. سد بتنی پایه‌دار

میناب بر روی تقادیس میناب که در شمال خاوری شهر میناب وجود دارد قرار گرفته است. این تقادیس در یال خاوری، دارای شکستگی‌های متعدد و درزه‌داری بیشتری نسبت به یال باختری می‌باشد (شکل ۴-۲). گسل عمده و اصلی میناب با روند N12W و شیب خاور شمال خاوری که در ۱۵۰۰ متری خاور محور سد و درون دریاچه وجود دارد تقادیس را قطع کرده و منطقه را از لحاظ ساختاری پیچیده و تحت تأثیر قرار داده است.



شکل ۴-۲- درزه‌داری و گسل خوردگی یال خاوری تقادیس میناب در محدوده مخزن سد میناب. الف) گسل معکوس در لایه‌های مارن با درون لایه‌های ماسه‌سنگی در بخش خاوری مخزن. ب) درزه‌داری لایه‌های ماسه‌سنگی در یال خاوری تقادیس میناب و در محدوده مخزن سد.

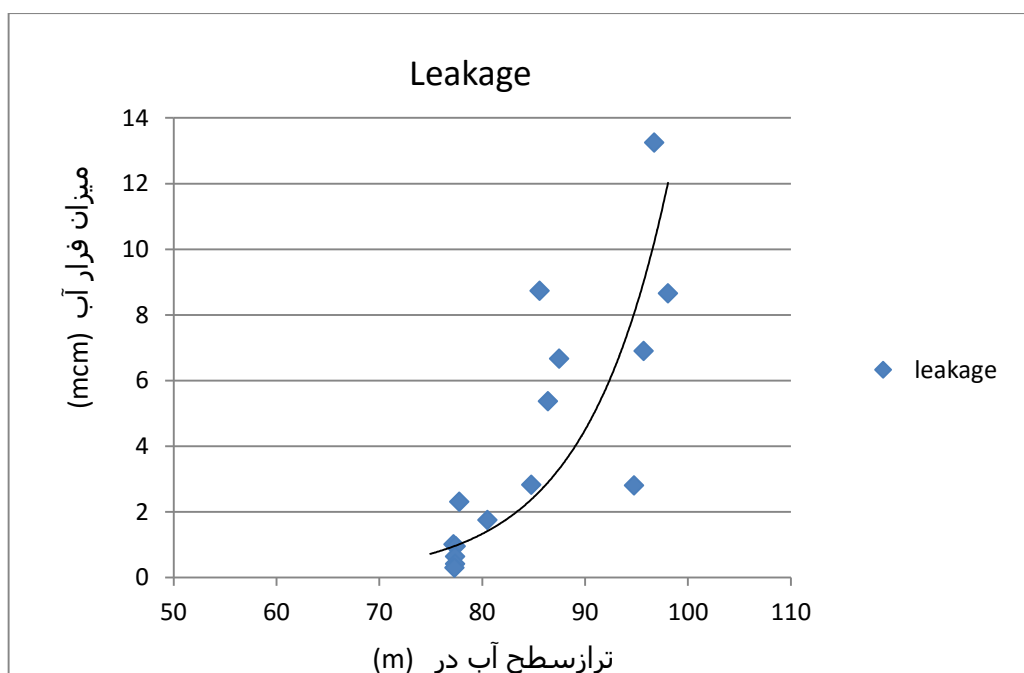
۴-۵-۴ - بررسی بیلان مخزن و ارزیابی تراوش آب

در اختیار داشتن داده‌هایی از رقوم و حجم دریاچه سد در پایان هر ماه و همچنین آمار بهره‌داری از سد و تغییرات سطح تراز آب در دریاچه ما را قادر می‌سازد که با بررسی موارد ذکر شده در یک دوره ۱۰ ساله، نشت و فرار احتمالی آب از دریاچه سد میناب را مورد بررسی و در صورت وجود میزان قابل توجه، به مطالعات تکمیلی دیگر پردازیم. در این راستا با استفاده از محاسبه بیلان دریاچه سد به صورت ماهانه برای سال‌های ۸۰ تا ۸۹ و بررسی ارتباط آن با حجم کل آب در پایان هر ماه سعی در چگونگی و همچنین رابطه تراز آب با نشت یا فرار آب احتمالی در هر سال شده است.

پس از انجام محاسبات مربوط به بیلان دریاچه سد در هر ماه می‌توان با استفاده از مجموع بیلان هر ماه و حجم مخزن در ماه قبل و اختلاف آن‌ها با حجم مخزن در همان ماه نتیجه مورد نظر که منجر به تشخیص نشت و فرار آب می‌شود را کسب کرد. نتایج حاصل از پردازش داده‌ها به صورتی که بیان شد در قالب نمودار شکل ۳-۴ برای یک دوره ۱۰ ساله آورده شده است.

نتایج بدست آمده بیانگر مقادیری از نشت و تراوش در سال‌های ۸۳، ۸۴، ۸۸ و ۸۹ می‌باشد. دیگر سال‌ها نیز با توجه به پایین بودن سطح تراز آب در دریاچه مقادیر خیلی کمی تراوش و حتی در بعضی موارد مانند سال ۱۳۸۶ ورودی به مخزن توسط منابع مجاور را نشان می‌دهند که البته این موضوع می‌تواند به دلیل خطاهای اندازه‌گیری و محاسبات مقادیر عددی مربوط به اطلاعات سد باشد.

نتایج حاصل از پردازش‌ها به صورت نموداری که شامل سطح تراز آب دریاچه در برابر نتایج بدست آمده از تغییرات حجم آب دریاچه سد و در واقع میزان فرار آب می‌باشد، نشان داده شده است (نمودار شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- نمودار نتایج بدست آمده از پردازش سطح تراز آب در برابر فرار آب

این نمودار که برای سال‌های ۸۰ تا ۸۹ ترسیم شده است ارتباط مستقیم فرار آب با سطح تراز آب دریاچه را نشان می‌دهد. با افزایش تراز آب در مخزن میزان آب به صورت نشت یا تراوش اضافه می‌شود. این امر می‌تواند گویای دو مسئله باشد اول اینکه افزایش بار هیدرولیکی و اضافه شدن محدوده‌های جدیدی با پتانسیل نشت و فرار آب که در ترازهای پایین‌تر در فرار آب نقشی نداشتند علت افزایش نشت و تراوش می‌باشد و دوم اینکه با توجه به تغییرات اندک تراز آب در برخی موارد و افزایش نشت و تراوش به صورت خیلی زیاد می‌تواند بیانگر مواردی باشد که این نشت زیاد را سبب می‌شود. این موارد در زیر آورده شده است و چون می‌توانند در تعیین مسیرهای فرار آب کمک زیادی کنند مطالعه و بررسی آنها از ضرورت زیادی برخوردار است.

۱) افزایش درزه‌داری توده‌های سنگی و پیوستگی آنها در سطوح مختلف.

۲) نوع پُر شدگی درزه‌ها با توجه به نفوذپذیری که می‌توانند داشته باشند حائز اهمیت است. همچنین قابلیت شسته شدگی این مواد که می‌تواند بسته به جنس آنها مسیرهای هیدرولیکی برای نشت بیشتر آب ایجاد کنند (میزان استعداد رگاب مواد پرکننده درزه‌ها).

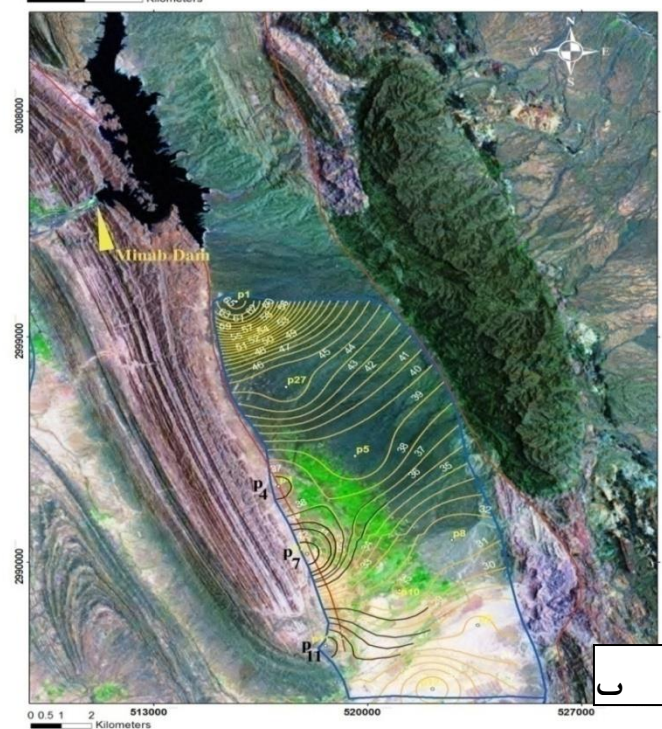
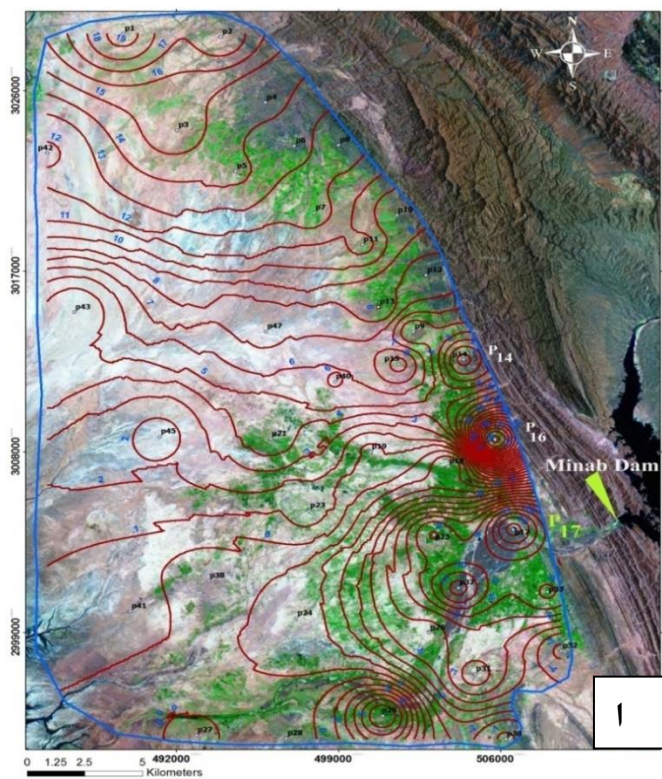
۳) میزان بازشدگی ناپیوستگی‌ها و همچنین میزان هوازُدگی این سطوح.

۴-۵-۵- بررسی تغییرات تراز آب پایین دست

نقشه‌های تراز آب زیر زمینی، چگونگی حرکت آب در زیر زمین و همچنین اطلاعات مفیدی در مورد لایه‌های آبدار محدوده مورد مطالعه در اختیار ما قرار می‌دهد و در حقیقت با تجزیه و تحلیل الگوی خطوط تراز می‌توان رژیم جریان در یک لایه آبدار را مورد بررسی قرار داد (صداقت، ۱۳۸۷). مطالعاتی بر روی داده‌های مربوط به چاه‌های پیزومترتری دو دشت میناب و کریان در راستای بررسی نقش گسل میناب در ارتباط هیدرولیکی بین مخزن سد استقلال میناب و منابع آب مجاور صورت گرفته و نقشه‌های تراز آب به کمک نرم افزار Arcmap-Gis 9.3 ترسیم شده است (شکل ۴-۴). (قابل ذکر می‌باشد

که مطالعات صورت گرفته، برای داده‌های سال‌های ۸۰ تا ۸۹ و به صورت ۳ ماه اردیبهشت، شهریور و آبان

هر سال می‌باشد).



شکل ۴-۴ الف) نقشه تراز آب زیرزمینی دشت میناب، ب) نقشه تراز آب زیرزمینی دشت کریان (برای اردیبهشت

۱۳۸۹)

همانطور که در نقشه تغییرات تراز آب دشت میناب مشاهده می‌شود فرورفتگی و برآمدگی‌هایی در سطح ایستابی به صورت منحنی‌های بسته وجود دارند (شکل ۴-۴ الف). پیزومترهای P₁₁، P₂₅، P₃₃ و P₃₇ که ارتفاع منحنی‌های بسته به طرف داخل کاهش پیدا می‌کنند یک فرورفتگی و در نتیجه تخلیه محلی آب را نشان می‌دهد. این پیزومترها در محلی نزدیک به رودخانه میناب قرار دارند و با توجه به برداشت‌های زیادی که از اطراف آن‌ها صورت می‌گیرد می‌توان منبع اصلی تغذیه آن‌ها را رودخانه میناب دانست. پیزومترهای P₁₄ و P₁₆ در مجاور ارتفاعات و در امتداد گسل میناب قرار دارند. پیزومتر P₁₄ خطوط منحنی بسته و افزایشی به سمت داخل را که بیانگر تغذیه طبیعی یا مصنوعی در آن نقطه است را نشان می‌دهد. پیزومتر P₁₆ با توجه به کاهش ارتفاع خطوط منحنی بسته به سمت مرکز نشان دهنده تخلیه محلی می‌باشد.

منحنی‌های تراز آب در دشت کریان که در جنوب دریاچه سد قرار دارد حاکی از روند کلی جریان از سمت شمال به جنوب می‌باشد (شکل ۴-۴ ب). پیزومترهای P₄، P₇ و P₁₁ در امتداد گسل میناب قرار دارند و خطوط منحنی بسته را نشان می‌دهند که از این بین پیزومتر P₇ یک نقطه تغذیه‌ای را نشان می‌دهد.

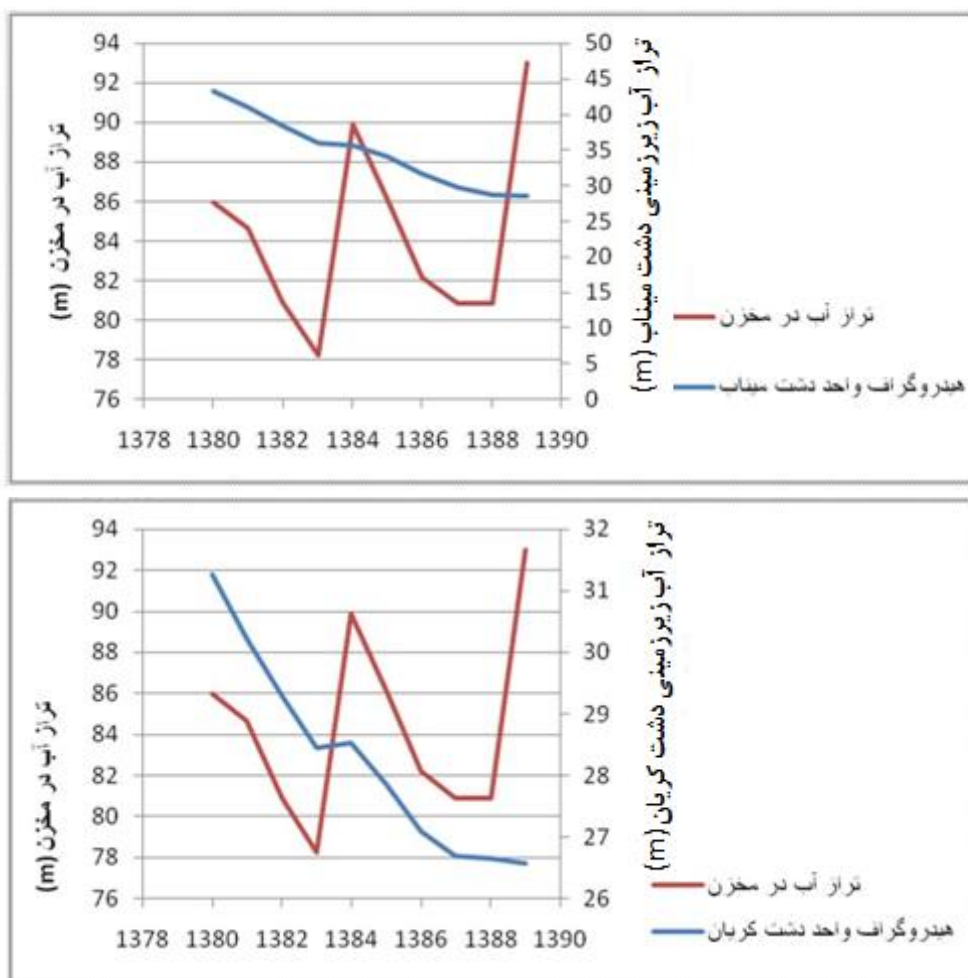
با توجه به اینکه در مطالعات هیدروژئولوژی جهت بررسی نقش عوامل تکتونیکی مانند سیستم شکستگی‌ها و گسل‌ها، در تغذیه آبخوان مجاور از بررسی تغییرات تراز آب زیر زمینی و نقشه تراز آب استفاده می‌شود بنابراین در دشت‌های میناب و کریان با بررسی خطوط منحنی تراز در چندین سال و یافتن نقاط تغذیه‌ای در محدوده مورد مطالعه، سعی در روشن ساختن چگونگی و نحوه ارتباط آن‌ها با عوامل تکتونیکی شده است. پیزومترهای P₁₄ و P₁₆ در دشت میناب و P₄ و P₇ در دشت کریان نشان می‌دهند که از ارتفاعات مجاور که گسل میناب نیز در امتداد آن‌هاست تغذیه می‌شوند. علاوه بر آن تغییر در جهت خطوط جریان در برخورد با امتداد ارتفاعات و گسل میناب و همچنین تغییر گرادیان هیدرولیکی در آن نقاط وجود منابع تغذیه‌ای با سطوحی همراستا با امتداد گسل میناب را به اثبات می‌رساند و همچنین شکستگی‌هایی با روند شمالی - جنوبی تا شمال‌خاور - جنوب‌باختر موجود در منطقه که باعث افزایش ارتباط گسل میناب با دشت می‌شود دلیل دیگری بر تغذیه شدن این مناطق توسط گسل میناب است. با

توجه به مطالب ذکر شده می‌توان گفت که گسل میناب به عنوان یک سطح نفوذپذیر و تغذیه کننده در آن نقاط خاص عمل می‌کند.

۴-۶-۳-۱- تفسیر هیدروگراف واحد دشت

با بررسی شبکه پیزومتری دشت میناب و کریان در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ و پردازش ارقام ارتفاع سطح آب زیرزمینی اقدام به ترسیم هیدروگراف واحد دشت‌ها شد (شکل ۴-۵). بر این اساس در راستای بررسی چگونگی تغییرات سطح آب زیرزمینی در این دو دشت و ارتباط آن‌ها با ذخیره آب موجود در مخزن سد استقلال میناب، به تفسیر و شرح هیدروگراف دشت‌های میناب و کریان می‌پردازیم.

در دشت میناب روند هیدروگراف از سال ۱۳۸۰ تا اواسط سال ۱۳۸۳ یک سیر نزولی را نشان می‌دهد به طوری که عمق متوسط سطح آب زیرزمینی از میانگین ۴۳ متر به ۳۷ متر کاهش یافته است. از آن پس تا سال ۱۳۸۴ و اوایل ۱۳۸۵ هیدروگراف یک روند تقریباً ثابت با اندکی نوسانات افزایش را نشان می‌دهد و به دنبال آن تا سال ۱۳۸۹ به سیر نزولی خود ادامه می‌دهد. سطح آب زیرزمینی دشت کریان نیز از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ دارای یک سیر نزولی با نوسانات اندکی می‌باشد که همانند دشت میناب در سال ۱۳۸۴ یک سیر صعودی بسیار کم و سپس به روند نزولی خود تا سال ۱۳۸۹ ادامه داده است. با مقایسه و قرار دادن هیدروگراف دو دشت میناب و کریان در برابر سطح تراز آب دریاچه سد میناب مشاهده می‌کنیم که با افزایش سطح تراز آب دریاچه سد در زمان‌های مختلف نوسانات اندک در همان سال و یا با یک فاصله زمانی در سطح آب زیر زمینی به صورت صعودی رخ داده است که این امر می‌تواند دلیلی بر وجود ارتباط هیدرولیکی این دو دشت با دریاچه سد میناب بوده و همچنین ضرورت مطالعات تکمیلی در این زمینه را به اثبات می‌رساند.



شکل ۴-۵- هیدروگراف واحد دشت‌های میناب و کریان در برابر تغییرات تراز آب مخزن در سال‌های ۸۰ تا ۸۹: الف) هیدروگراف واحد دشت میناب، ب) هیدروگراف واحد دشت کریان

۴-۶-۴ - بررسی نفوذپذیری سنگ‌ها و برآورد پهنه‌های فرار آب

جهت بررسی میزان نشت و فرار آب و همچنین شناسایی محل‌های با پتانسیل بالای فرار آب، نفوذپذیری توده سنگ‌های مخزن سد و به دنبال آن حجم آب نفوذی از طریق این توده‌ها، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نفوذپذیری توده‌های سنگی متأثر از عوامل مختلفی که مهمترین آن‌ها خصوصیات مسیر هیدرولیکی که عبور جریان در توده سنگ را کنترل می‌کند می‌باشد.

در ادامه به بررسی توده‌های سنگی مخزن سد میناب از نظر میزان نفوذپذیری و دبی جریان ناشی از این نفوذپذیری خواهیم پرداخت.

۴-۶-۱- ارزیابی نفوذپذیری رخنمون‌های سنگی اطراف سد

شدت زیاد بارندگی و کم بودن پوشش گیاهی و همچنین فرسایشی بودن سازندهای موجود در منطقه عموماً رسوب زیادی را وارد دریاچه سد می‌نماید. در سال‌های ابتدایی احداث سد و چندین سال بعد از آبگیری، نمونه‌برداری‌هایی جهت تعیین غلظت مواد معلق رودخانه میناب طی چندین سال متوالی و با توجه به روزهای سیلابی هر سال، صورت گرفت که حاکی از ورود رسوب سالیانه قابل توجه به مخزن سد میناب بود. همچنین در سال ۱۳۶۴ دریاچه سد توسط تیم مطالعاتی رسوب موسسه تحقیقات منابع آب وزارت نیرو هیدروگرافی شد و متوسط رسوب رودخانه در سال حدود ۳ میلیون تن برآورد شد که از این میزان نزدیک به ۰/۷ آن در مخزن ته‌نشین و بقیه از طریق دریاچه‌ها تخلیه می‌گردد.

ته‌نشینی رسوب نسبتاً زیاد در مخزن، نفوذپذیری و به دنبال آن آبگذری از کف را به شدت کاهش می‌دهد و از این رو می‌توان حداکثر نفوذپذیری و آبگذری احتمالی را مرتبط با رخنمون‌های سنگی در جناح‌های سد دانست. در این پژوهش در راستای میل به اهداف اولیه ارزیابی آبگذری از تکیه‌گاه‌ها که شامل طبقه‌بندی مهندسی توده‌های سنگی و تعیین نفوذپذیری این توده‌ها می‌باشد روش درزه‌آماری و مطالعه ناپیوستگی‌ها مورد استفاده قرار گرفته است که در ادامه به طور مفصل آورده شده است.

یکی از عوامل مؤثر در بررسی و آنالیز نشت در سنگ‌ها خصوصیات انیزوتروپی ناپیوستگی‌هاست که تحت تأثیر بازشدگی، ارتباط و پیوستگی آن‌ها، خصوصیات زبری درزه‌ها و مواد پرکننده می‌باشد به طوری که محاسبه نفوذپذیری و میزان نشت را مشکل می‌سازد. با توجه به پارامترهای ذکر شده جریان نشت در توده سنگ زمانی که فاصله ناپیوستگی‌ها با توجه به ابعاد ساختار مهندسی نزدیک و کم بوده و درزه‌ها ایزوتروپ باشند در بیشتر مسائل مهندسی توده سنگ به صورت یکنواخت و خطی فرض می‌شود. و در این حالت با توجه به معادله داریسی آنالیز نشت را می‌توان انجام داد. (Weaver, 1993)

۴-۶-۴-۱-۱- بررسی سیستم ناپیوستگی‌ها (نتایج حاصل از مطالعه ناپیوستگی‌ها)

با توجه به اینکه وضعیت ناپیوستگی‌ها در کاهش مقاومت توده سنگ و همچنین نفوذپذیری توده‌های سنگی نقش تعیین کننده‌ای دارد در این مطالعه برای برقراری ارتباط بین ناپیوستگی‌ها و نفوذپذیری، خصوصیات مهم ناپیوستگی‌ها همچون شیب و جهت شیب، فاصله‌داری، امتداد، تعداد دسته درزه‌ها، مواد پرکننده، هوازگی و بازشدگی مد نظر قرار گرفته است. با توجه به ویژگی‌های سنگ شناسی و ساختاری توده‌های سنگی، هر یک از جناح‌های سد به پنج قطعه تقسیم شدند و این توده‌ها از نظر رده کیفی و نفوذپذیری مورد بحث قرار گرفته‌اند. به منظور بررسی و شناسایی شکستگی‌ها و سیستم ناپیوستگی‌های موجود در توده سنگ محدوده تکیه گاه‌های سد، درزه‌نگاری (joint survey) صورت گرفت. برداشت درزه‌ها عمدتاً از رخنمون لایه‌های ماسه‌سنگی بوده است. در مجموع تعداد ۱۷۰۵ درزه از محل تکیه‌گاه‌ها برداشت شده است. با توجه به وضعیت سنگ شناسی منطقه و گسترش بیشتر لایه‌های ماسه‌سنگی با میان لایه‌های مارنی (ماسه سنگ خکو)، متعلق به واحد مکران و فرسایش‌پذیری این لایه‌ها در مقابل عوامل فرسایشی عملاً برداشت سیستم درزه‌ها از این لایه‌ها فقط در مناطق قابل دسترسی امکان پذیر بوده است. یکی از مهمترین سطوح ناپیوستگی موجود در محدوده ساختگاه سد صفحات لایه‌بندی (Bedding) ماسه‌سنگ‌ها می‌باشد. این ناپیوستگی‌ها طویل و ممتد هستند. شیب لایه بندی بطور کلی در محدوده ساختگاه سد ۶۰ درجه است. درزه‌هایی با مشخصات شیب و جهت شیب ۱۶۰/۷۵، ۱۱۵/۶۵، ۰۰۵/۸۰، ۰۵۰/۸۰ و ۳۴۰/۷۰ از مهمترین سیستم درزه‌های موجود در ساختگاه سد هستند (جدول ۴-۲).

جدول ۴-۲- خصوصیات سیستم درزه‌ها در تکیه‌گاه‌ها

Joint set	Dip/Dip Direction	Aperture بازشدگی (mm)	(Filling) پر شدگی	Spacing (cm) فاصله داری
J ₁	۱۶۰/۷۵	۱۱ - ۵	سیلت و رس	۱۱۰
J ₂	۱۱۵/۶۵	۱۰ - ۸	سیلت و رس	۴۰
J ₃	۰۸۵/۸۸	۱۰	سیلت و رس	۶۰
J ₄	۰۵۰/۸۰	۱ - ۰/۵	رس و ژپس با پوشش اکسید آهن	۲۵
J ₅	۳۴۰/۷۰	۱ - ۲	—————	۲۰
J ₆	۰۰۵/۸۰	۱ - ۰/۵	—————	۵۰
J ₇	۱۲۰/۸۰	۷ - ۹	ژپس	۳۰
J ₈	۰۹۵/۷۰	۲ - ۵	ژپس و در بعضی جاها کلسیت	۴۰

درزه های تکیه گاه چپ (وضعیت درزه‌های تکیه گاه چپ)

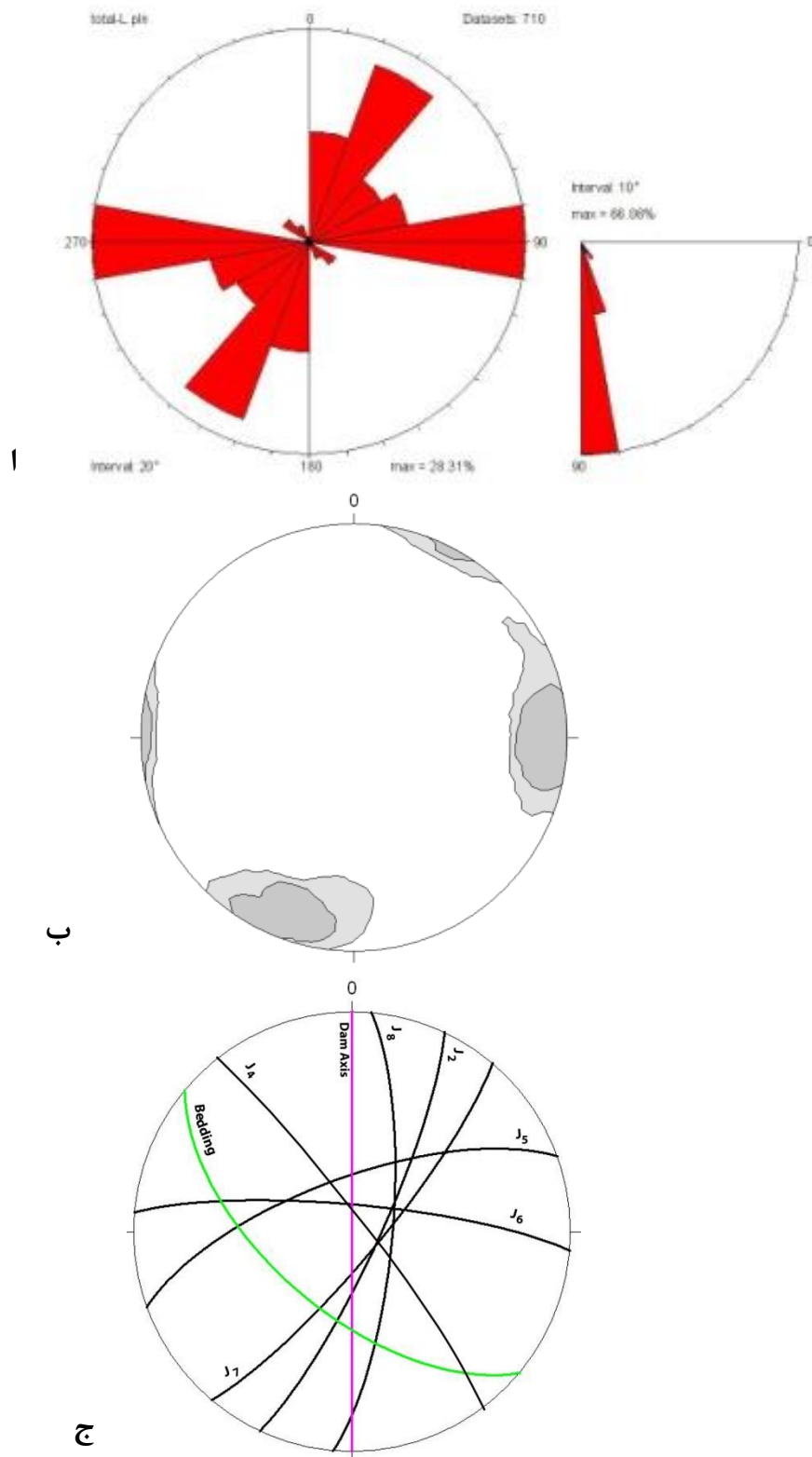
در این تکیه‌گاه جمعاً ۷۱۰ سطح ناپیوستگی در ۵ قطعه متعلق به سازند ماسه‌سنگ خکو برداشت شده است. پرشدگی سطوح ناپیوستگی عموماً سیلت و رس با پوشش زنگ‌زدگی و ژپس می‌باشد. در تکیه‌گاه چپ مجموعاً ۶ دسته ناپیوستگی به جزء لایه‌بندی مشخص شده است که ۲ روند غالب را نشان می‌دهد. شیب غالب در این دسته‌ها ۸۰ درجه بسوی شمال خاور و راستای آن N85W می‌باشد. کنتور دیاگرام و تصویر استریوگرافیک درزه‌ها در شکل ۴-۷ نمایش داده شده است. فواصل تکرار درزه‌های اصلی حدود ۲۰ تا ۵۰ و میزان بازشدگی در این جناح به طور میانگین ۱۰-۶ میلی‌متر می‌باشد که ۴۰ درصد آن‌ها دارای پرشدگی هستند و مابقی بدون پرشدگی و یا در سطح شسته شده‌اند (جدول ۴-۳).

جدول ۴-۳- مشخصات ناپیوستگی‌ها در قطعات جناح چپ

جناح چپ	ناپیوستگی غالب	میانگین بازشدگی (mm)	پرشدگی	میانگین فاصله داری (cm)
قطعه ۱	J ₂ , J ₄	۱۲	سیلت، رس و ژئیس با پوشش اکسید آهن	۳۵
قطعه ۲	J ₈	۴	ژئیس	۴۶
قطعه ۳	J ₂	۱۳	—————	۳۳
قطعه ۴	J ₅ , J ₇	۶	بدون پرشدگی- در بعضی جاها ژئیس	۲۵
قطعه ۵	J ₆	۸	—————	۳۸



شکل ۴-۶- الف) نمایی از شکستگی‌های سطحی پر شده توسط رس. ب) نمای نزدیک از مواد پرکننده درزه‌ها در جناح چپ که علاوه بر رس حاوی مقداری ژئیس با پوشش زنگ‌زدگی می‌باشد.



شکل ۴-۷- الف) نمودار گلسرخی ناپیوستگی‌ها در تکیه‌گاه چپ، ب) کنترودیاگرام کلیه ناپیوستگی‌های برداشت

شده از تکیه‌گاه چپ، ج) نمایش تصویر استریوگرافیک سطوح ناپیوستگی در جناح چپ.

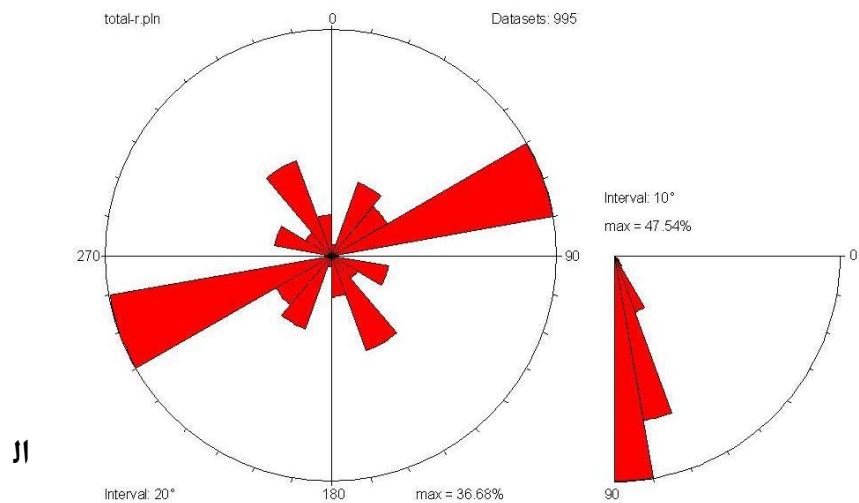
درزه‌های تکیه‌گاه راست (وضعیت درزه‌های تکیه‌گاه راست)

نتایج بدست آمده از بررسی بیش از ۹۹۵ درزه در تکیه‌گاه راست نشان می‌دهد که ۳ دسته درزه اصلی و ۲ دسته با فراوانی کم رخنمون‌های سنگی این جناح را تحت تأثیر قرار داده است. پُر شدگی درزه‌ها عموماً توسط سیلت و رس (مواد رسی با پوشش زنگ‌زدگی) و ژپس است و در برخی موارد اکسید آهن هم مشاهده شده است و به طور کلی حدود ۵۹ درصد درزه‌ها در این جناح دارای پُرشدگی هستند (جدول ۴-۴). سطح درزه‌های این جناح اغلب دارای هوازدگی شدید هستند.

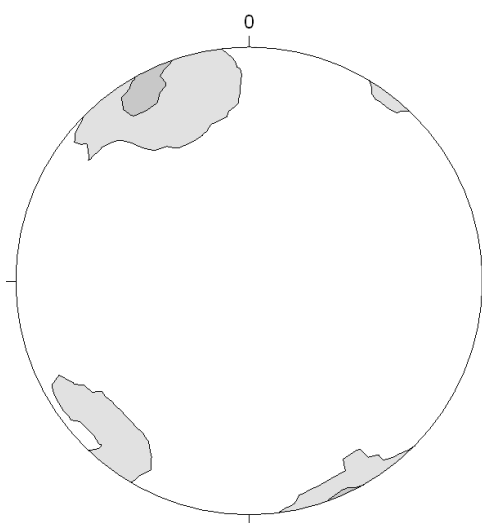
جدول ۴-۴ - مشخصات ناپیوستگی‌ها در قطعات جناح راست

جناح راست	ناپیوستگی غالب	میانگین بازشدگی (mm)	پُرشدگی	میانگین فاصله داری (cm)
قطعه ۱	J ₁ , J ₄	۸	سیلت و رس	۶۰
قطعه ۲	J ₁ , J ₂ , J ₃	۶	سیلت و رس با پوشش اکسید آهن	۴۵
قطعه ۳	J ₇	۴,۵	_____	۵۵
قطعه ۴	J ₄ , J ₆	۴	_____	۲۵
قطعه ۵	J ₄ , J ₂	۹	بدون پُرشدگی - در بعضی جاها ژپس	۳۸

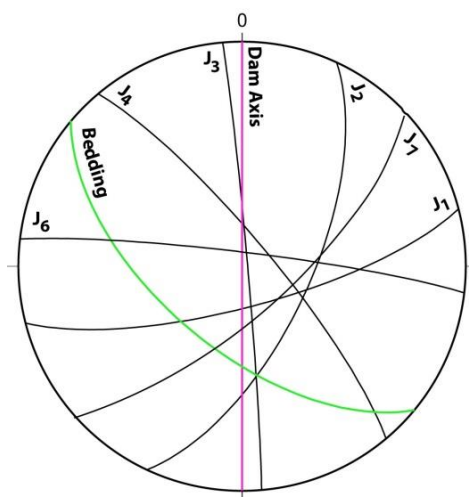
کنترودیاگرام درزه‌های برداشت شده و صفحات دسته درزه‌های اصلی به ترتیب در شکل ۴-۸ آورده شده است. آنالیز درزه‌های سیستماتیک نشان می‌دهد که دسته درزه‌ها از نوع کششی بوده و به استثنای دسته شماره J₂ با شیب متوسط، دیگر دسته درزه‌ها در توده سنگ تقریباً نزدیک به قائم هستند. سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده در این دسته درزه‌ها حاکی از آن است که میزان بازشدگی درزه‌ها باریک تا خیلی باریک بوده است و در بیش از ۶۳ درصد آنها بزرگتر از ۵ میلی‌متر است، ۲۹ درصد دارای بازشدگی ۶ تا ۹ میلی‌متر و تنها ۸ درصد درزه‌ها بازشدگی کمتر از ۴ میلی‌متر دارند.



الف



ب



ج

شکل ۴-۸- الف) نمودار گلسرخی ناپیوستگی‌ها در تکیه‌گاه راست، ب) کنوردیگرام کلیه ناپیوستگی‌های برداشت شده از تکیه‌گاه راست، ج) نمایش تصویر استریوگرافیک سطوح ناپیوستگی در جناح راست.



شکل ۴-۹- نمایی از درزه‌داری توده‌های سنگی جناح راست در قطعه چهار.

۴-۶-۴-۲- تقسیم بندی توده‌های سنگی به روش GSI و RQD

۴-۶-۴-۲-۱- شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) (Geological Streth Index)

این شاخص روشی برای برآورد کاهش مقاومت توده سنگ در شرایط مختلف زمین‌شناسی می‌باشد که توسط هوک و همکاران در طی سال‌های ۱۹۹۴، ۱۹۹۵ و ۱۹۹۸ معرفی شده است. این طبقه‌بندی بر اساس توصیف فاکتورهای ساختار توده سنگ و شرایط سطح درزه تشکیل شده است و مقدار آن با مشاهدات صحرایی تعیین می‌گردد (Hoek & Brown., 1997). این دو فاکتور (ساختار و شرایط سطح درزه‌ها) بر اساس مشاهدات صحرایی مشخص شده و سپس به وسیله نمودار (شکل ۴-۱۱) مقادیر عددی GSI تعیین می‌گردد (حافظی مقدس ۱۳۹۰). در این طبقه‌بندی وضعیت ساختاری منطقه و شرایط درزه‌های توده سنگ توسط زمین‌شناس مجرب بررسی و جایگاه توده سنگی مشخص خواهد شد (Cai et al, 2004).

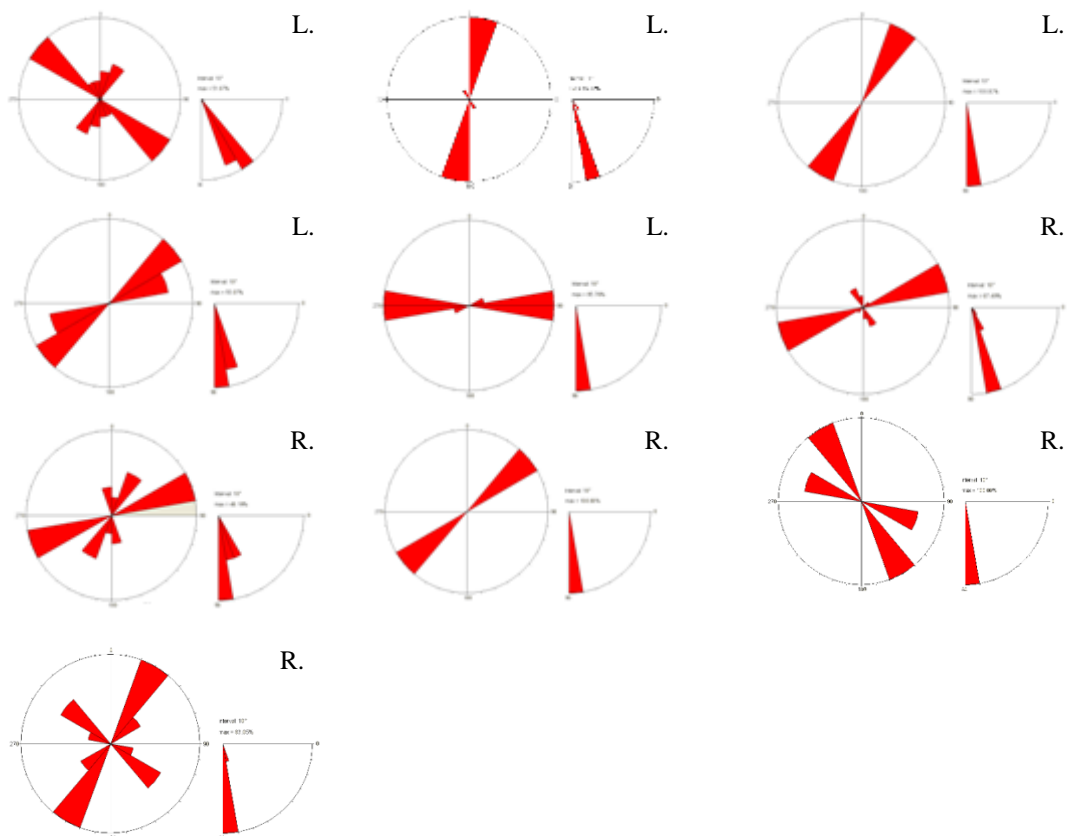
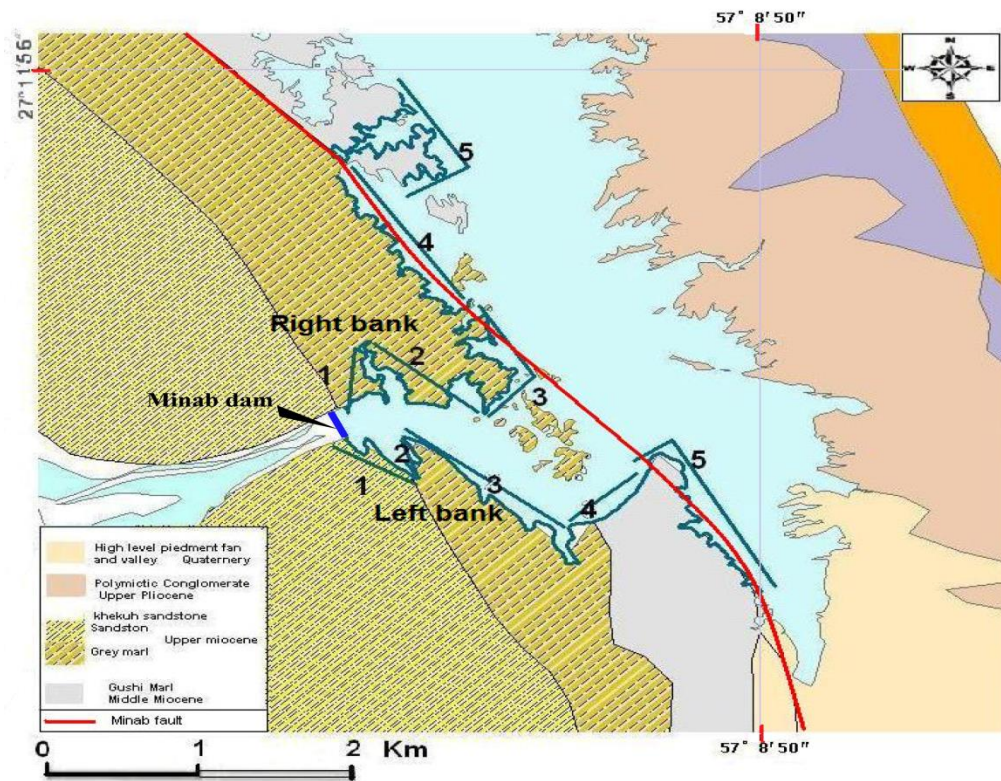
توده سنگ‌های ساختگاه سد میناب دارای درزه‌داری نسبتاً زیادی می‌باشد که میزان درزه‌داری آن‌ها با توجه به شرایط تکتونیکی کاهش و یا افزایش یافته‌اند که این موضوع همراه با تنوع لایه بندی، توسعه درز و ترک در توده سنگ را کنترل می‌نماید. بر اساس نتایج بدست آمده از مشاهدات صحرایی و ثبت

خصوصیات ناپیوستگی‌ها، تکیه‌گاه‌های راست و چپ از نظر درزه‌داری و میزان GSI در ۵ قطعه برای هر جناح مورد ارزیابی قرار گرفته است (شکل ۴-۱۰). جایگاه و میزان GSI توده‌های سنگی بر روی (شکل ۴-۱۱) نشان داده شده است. این نتایج حاکی از مقادیر پایین این شاخص برای قطعه‌های ۳ و ۴ از جناح‌های راست و قطعه‌های ۴ و ۵ از جناح چپ سد می‌باشد که دلیل این امر را می‌توان وجود گسل میناب با پهنه برشی قابل توجه که باعث خردشدگی در توده‌های سنگی شده دانست. به طور کلی در توده‌های سنگی موجود در مخزن با GSI پایین، مارن‌ها و مارن‌های ماسه‌سنگی تحت تأثیر دسته درزه‌های موجود بصورت بلوکی و در برخی مناطق به صورت خرد شده مشاهده می‌شوند. بنابراین توده سنگ‌های مارنی در رده سنگ‌های شدیداً بلوکی و مارن‌های ماسه‌سنگی در محدوده توده سنگ‌های بلوکی و بهم ریخته قرار می‌گیرند. ماسه سنگ‌ها در جناح‌های سد میناب بصورت لایه‌هایی همراه با گل‌سنگ وجود دارد. بررسی‌های انجام شده بر روی رخنمون‌ها حاکی از ماهیت بلوکی این توده‌هاست لذا می‌توان این توده سنگ‌ها را در زمره سنگ‌های شدیداً بلوکی تا بلوکی و بهم ریخته دانست (شکل ۴-۱۱). البته قابل ذکر می‌باشد که از این بین توده‌های ماسه سنگی در قطعه‌های ۱ و ۲ از جناح راست و چپ در رده بلوکی تا شدیداً بلوکی که دارای مقدار GSI ۴۶-۵۲ و همچنین قطعه‌های ۴ از هر دو جناح در رده شدیداً بلوکی که دارای مقدار ۴۲-۴۸ هستند، قرار می‌گیرند. در جدول ۴-۵ شاخص GSI توده سنگ‌های ساختگاه سد میناب ارائه شده است.


جدول ۴-۵- شاخص GSI برای توده سنگ‌های ساختگاه سد

میناب

جنس سنگ	GSI
مارن‌ها با میان لایه ماسه سنگ	۳۲ - ۳۸
ماسه سنگ همراه با گل‌سنگ	۳۵ - ۴۲
ماسه‌سنگ‌ها	۴۲ - ۴۸



شکل ۴-۱۰- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه و قطعه‌بندی جناح‌های چپ و راست به همراه رزیدیاگرام‌های امتدادی و شیبی نشان دهنده روند ناپیوستگی غالب و شیب آن‌ها در هر قطعه. R.B و L.B به ترتیب بیانگر جناح راست و جناح چپ و اعداد بیانگر قطعه می‌باشد.

شاخص مقاومت زمین شناسی بر اساس توصیف ساختمان و شرایط سطح درزه ردیف و بدون مناسب انتخاب بنده و عدد GSI برآورد می گردد. جای عدد دقیق مندرجاً ۴۸ بهتر است از یک محدوده نظیر ۴۶-۳۲ استفاده شود.	حلی خوب - سطح درزه ها را بر و غیر هو ارا ده	خوب - سطح درزه زبر ، کم هو ارا ده و زیگ زده	نسبتاً خوب - سطح نسبتاً صاف با هو ارا دهی متوسط	ضعیف - سطح نسبتاً هو ارا ده ، تقاطع زاویه و بر بنده	حلی ضعیف - سطح نسبتاً هو ارا ده و صافی با بر کنده نرم
 <p>بلوکی : توده سالم که توسط بنده دسته درزه قطع بنده و بلوک ها در هم نقل بنده هستند</p>	80	70	60	50	40
 <p>نسبتاً بلوکی : توسط بین از چهار دسته درزه قطع بنده بصورت سختی بهم ریخته است. بلوکهای زاویه دار و در هم نقل ندگی بلوکها</p>					
 <p>بلوکی و بهم ریخته : بلوکهای زاویه دار جن و گسل خورده که توسط تعداد زیادی دسته درزه قطع بنده اند.</p>					
 <p>توده از هم پاشیده : توده سنگ نسبتاً خرد بنده با در هم نقل ندگی ضعیف. شامل مخلوطی از قطعات زاویه دار و گرد بنده</p>					
 <p>توده بر نسی ، لامیناسیون و توی بنین : توده سنگ ضعیف بر نسی بنده یا حلی نازک لایه ، دارای رخ و شیبستورینه با فاصله داری کم</p>	N/A	N/A			

شکل ۴-۱۱- نمودار برآورد شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) (اقتباس از حافظی مقدس ۱۳۹۰)، به همراه جایگاه قطعات مختلف هر جناح. دوایر بزرگ آبی رنگ جایگاه کلی توده سنگ های موجود در کل مخزن به تفکیک جنس را نشان می دهد. اعداد درج شده بیانگر شماره قطعه و R.B و L.B به ترتیب بیانگر جناح راست و جناح چپ در سد میناب می باشد.

۴-۶-۲-۲-۴-۲- ارزیابی کیفی توده سنگ با استفاده از شاخص کیفیت سنگ (RQD)

شاخص کیفیت توده سنگ (RQD) برای اولین بار توسط دیبر (Deere, 1968) به عنوان شاخصی برای ارزیابی کمی کیفیت توده سنگ های برجا معرفی شد (جدول ۴-۶). این شاخص بر اساس تعداد شکستگی ها و میزان تخریب توده سنگ در نمونه های بدست آمده از چاه های حفاری بنا نهاده شده است.

جدول ۴-۶- توصیف سنگ بر اساس شاخص کیفی سنگ (RQD) (Deere, 1968).

ROD %	کیفیت سنگ
< ۲۵	خیلی ضعیف
۲۵- ۵۰	ضعیف
۵۰- ۷۵	متوسط
۷۵- ۹۰	خوب
۹۰- ۱۰۰	عالی

به منظور ارزیابی توده سنگ در محل، می‌توان از میانگین تناوب شکستگی‌های طبیعی نیز استفاده کرد. چنین روشی با استفاده از رابطه زیر انجام می‌شود که توسط هادسون و پریست (۱۹۷۶) ارائه شد.

$$RQD = 100 \times e^{-\lambda t} (\lambda t + 1) \quad (\text{رابطه ۴-۶})$$

در این رابطه λ میانگین تناوب شکستگی‌های طبیعی (در واحد متر) است و با رابطه زیر بیان می‌گردد.

$$\lambda = \frac{1}{x}$$

که در آن x میانگین فاصله شکستگی‌ها می‌باشد و $(t = 0.1)$ منظور می‌گردد.

و همچنین زمانی که مغزه‌ای در دست نیست RQD می‌تواند از تعداد ناپیوستگی‌ها در واحد حجم (JV) تخمین زده شود.

پالمسترم (Palmstrom, 1982) برای تبدیل (JV) به RQD رابطه زیر را ارائه داد.

$$RQD = 115 - 3.3 (JV) \quad (\text{رابطه ۴-۷})$$

در این رابطه (JV) تعداد کل درزه‌ها در یک متر مکعب یا شمارش حجمی درزه‌هاست.

همچنین تعداد درزه‌ها مربوط به واحد حجم توده سنگ به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$J_v = \sum_{i=1}^J \left(\frac{1}{S_i} \right)$$

در این فرمول S_i میانگین فاصله داری درزه‌ها در واحد متر برای تعداد (i) دسته درزه (JV) تعداد کل دسته درزه بدون در نظر گرفتن دسته درزه‌های تصادفی است.

بنابراین شمارش حجمی درزه‌ها توسط پالمسترم (۱۹۹۶) به صورت زیر بیان شد.

$$J_V = \sum_{i=1}^J \left(\frac{1}{S_i} \right) + \left(\frac{Nr}{5} \right) \quad (\text{رابطه ۴-۸})$$

که در این رابطه Nr تعداد درزه‌های تصادفی می‌باشد و به آسانی می‌توان با اندازه‌گیری فاصله‌داری یا فراوانی درزه‌ها تخمین زد. جدول ۴-۷ تقسیم بندی توده سنگ بر اساس (JV) را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۷- توصیف توده سنگ بر اساس شمارش حجمی درزه‌ها (JV) (پالمسترم ۱۹۸۲).

J_V	توصیف J_V	توصیف درزه داری
< 0.3	به شدت کم	توده‌ای
۳-۱	خیلی کم	درزه داری خیلی ضعیف
۱-۳	کم	درزه داری ضعیف
۳-۱۰	متوسط	درزه داری متوسط
۱۰-۳۰	زیاد	درزه داری زیاد
۳۰-۱۰۰	خیلی زیاد	درزه داری خیلی زیاد
> 100	به شدت زیاد	خرد شده

لازم به یادآوری است که طول خط برداشت در تخمین صحیح فرکانس و RQD تأثیر زیادی دارد و طول خط برداشت کوتاه سبب افزایش خطا در برآورد فرکانس خواهد شد (حافظی مقدس، ۱۳۹۰). فاصله‌داری درزه‌ها بر اساس فاصله عمودی بین دو درزه موازی تعیین می‌شود. با توجه به تغییرات فاصله بین درزه‌ها جهت تعیین فاصله میانگین نیاز به انجام مطالعه آماری می‌باشد. در استفاده از این رابطه، از میانگین

فاصله‌داری درزه‌ها در هر قطعه، به صورت میانگینی از فاصله‌داری دسته درزه‌های مختلف موجود در قطعه استفاده شده است.

به‌طور کلی مطالعه میانگین شاخص کیفی توده سنگ در رخنمون‌ها بر اساس بررسی نتایج حاصل از مطالعه ناپیوستگی‌ها نشان می‌دهد که میزان RQD در بخش‌های سطحی که متأثر از عوامل فرسایش و هوازدگی است دارای تقریباً یک روند ثابت و یکنواختی است به جزء در موارد خاص مانند قطعه‌های ۴ و ۵ از هر دو جناح، که این مهم به وجود تنوع سنگ شناسی (ماسه‌سنگ با میان‌لایه‌های مارنی و لایه‌های مارنی همراه با ماسه‌سنگ) و همچنین وجود زون‌های خرد شده و درزه‌شدگی توده سنگ در اثر حضور و نقش گسل میناب در ایجاد یک پهنه خرد شده، مرتبط است.

نتایج حاصل از مطالعه ناپیوستگی‌ها در ساختگاه سد بر اساس شاخص کیفی توده سنگ‌های هر قطعه از جناح‌های سد به صورت مقادیر (RQD) و توصیف دیر (۱۹۶۸) در جدول‌های ۴-۸ و ۴-۹ ارائه شده است.

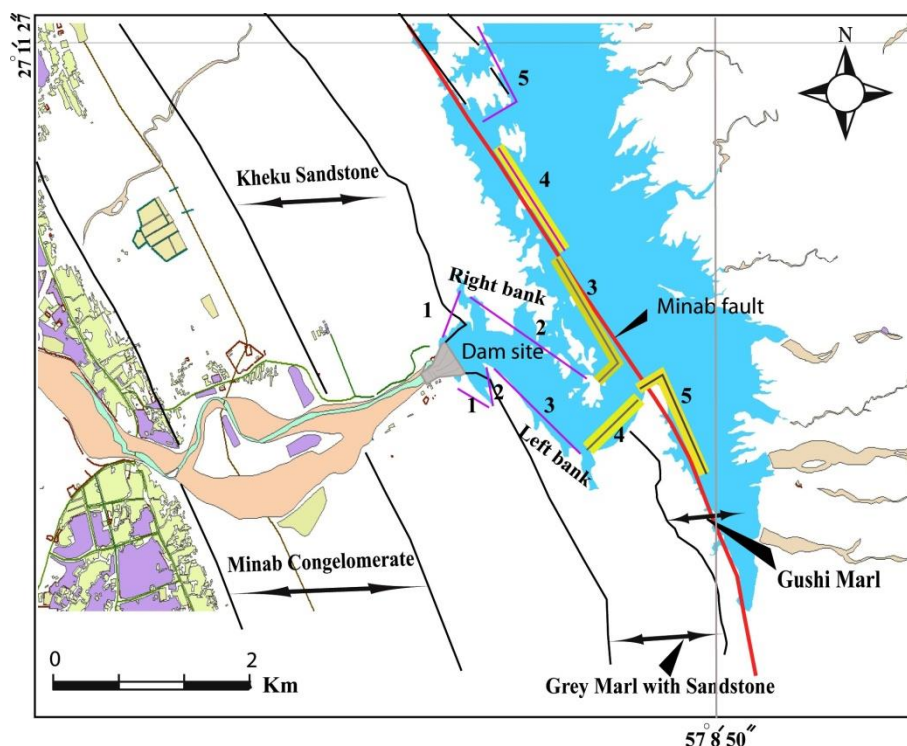
جدول ۴-۸- مقادیر RQD هر قطعه در جناح راست

جناح راست قطعه	JV	RQD(%)	توصیف Deere(1968)	توصیف ترزاقی
قطعه ۱	۱۸/۴۸	۵۴	متوسط	بلوکی با درزه داری متوسط
قطعه ۲	۱۷/۵۸	۵۷	متوسط	بلوکی با درزه داری متوسط
قطعه ۳	۲۴/۸۲	۳۳/۱	ضعیف	بسیار بلوکی و درزه دار
قطعه ۴	۲۷/۷۳	۲۳/۵	ضعیف	بسیار بلوکی و درزه دار
قطعه ۵	۲۷/۳۶	۲۴/۷	ضعیف	بسیار بلوکی و درزه دار

جدول ۴-۹- مقادیر RQD هر قطعه در جناح چپ

جناح چپ قطعه	JV	RQD(%)	توصیف Deere(1968)	توصیف ترزاقی
قطعه ۱	۱۸/۱۸	۵۵	متوسط	بلوکی با درزه داری متوسط
قطعه ۲	۱۸/۳۹	۵۴/۳	متوسط	بلوکی با درزه داری متوسط
قطعه ۳	۲۳/۹۴	۳۶	ضعیف	بسیار بلوکی و درزه دار
قطعه ۴	۲۷/۰۶	۲۵/۷	ضعیف	بسیار بلوکی و درزه دار
قطعه ۵	۲۷/۲۷	۲۵	ضعیف	بسیار بلوکی و درزه دار

نتایج بدست آمده از طبقه‌بندی توده‌های سنگی مخزن سد از نظر GSI و RQD در ۵ قطعه در هر جناح بیانگر مقادیر پایین در این دو طبقه‌بندی برای توده‌های سنگی متأثر از پهنه برشی گسل میناب می‌باشد (شکل ۴-۱۲). این گسل با توجه به فعالیت‌های کواترنری و شواهدی از آن در مخزن سد همچون چین-خوردگی و گسل خوردگی و در بعضی موارد خردشدگی، لغزش و ریزش توده‌های سنگی عظیم، عامل اصلی درزه‌دار کردن توده‌های سنگی مجاور خود و به دنبال آن کاهش مقاومت آن‌ها می‌باشد.



شکل ۴-۱۲- نقشه قطعه‌بندی محدوده سد حاوی نقاط با GSI و RQD پایین که با خطوط سایه‌دار مشخص

۴-۶-۳- نفوذپذیری توده سنگ‌های مخزن سد میناب

به منظور ارزیابی نفوذپذیری توده‌های سنگی در قطعه‌های مختلف هر جناح، از سیستم طبقه‌بندی HC ارائه شده توسط شی - منگ هو (Shih-Meng Hsu & et al, 2009)، که وابسته به پارامترهای RQD، DI، GCD و LPI (قبلاً به‌طور مفصل بیان شد) می‌باشد استفاده شده است. ارتباط این پارامترها و تأثیر آن‌ها در نفوذپذیری به صورت ضریبی می‌باشد که در سیستم HC خود را نشان می‌دهد. با توجه به تأثیری که این پارامترها در افزایش یا کاهش نفوذپذیری دارند رابطه‌ای بین سیستم HC و ضریب هدایت هیدرولیکی در راستای ارزیابی نفوذپذیری توده سنگ مطرح می‌شود که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$K = 2.93 \times 10^{-6} \times (HC)^{1.380} \quad (\text{رابطه ۴-۹})$$

که در این رابطه K ضریب هدایت هیدرولیکی توده سنگ و HC سیستم طبقه‌بندی سنگ با توجه به پارامترهای خاص می‌باشد. که طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$HC = \left(1 - \frac{RQD}{100}\right) (DI) (1 - GCD) (LPI) \quad (\text{رابطه ۴-۱۰})$$

نتایج حاصل از پردازش داده‌ها در قالب سیستم HC و ارزیابی ضریب هدایت هیدرولیکی توده‌های سنگی قطعه‌بندی شده در مخزن، بیانگر بیش‌ترین مقدار $K_{HC-Model}$ در جناح راست مربوط به قطعه ۴ و کمترین مقدار مربوط به قطعه ۲ و در جناح چپ بیشترین و کمترین مقدار $K_{HC-Model}$ به ترتیب مربوط به قطعه‌های ۴ و ۱ می‌باشد. نتایج به دست آمده از آنالیز داده‌ها توسط روابط ذکر شده، در جدول‌های ۴-۱۰ و ۴-۱۱ آورده شده است.

جدول ۴-۱۰- نتایج محاسبه نفوذپذیری سنگ‌ها (K_{Hc}-MODEL) در جناح راست بر اساس سیستم HC و

RQD

جناح راست قطعه	RQD(%)	LPI	HC	K _{Hc} -MODEL(m/s)
۱	۵۴	۱	۰/۴۶	$۱/۰۰ \times ۱۰^{-۶}$
۲	۵۷	۱	۰/۴۳	$۹/۱۴ \times ۱۰^{-۷}$
۳	۳۳/۱	۱	۰/۶۷	$۱/۶۸ \times ۱۰^{-۶}$
۴	۲۳/۵	۱	۰/۷۷	$۲/۰۲ \times ۱۰^{-۶}$
۵	۲۴/۷	۰/۹۵	۰/۷۲	$۱/۸۵ \times ۱۰^{-۶}$

جدول ۴-۱۱- نتایج محاسبه نفوذپذیری سنگ‌ها (K_{Hc}-MODEL) در جناح چپ بر اساس سیستم HC و RQD

جناح چپ قطعه	RQD(%)	LPI	HC	K _{Hc} -MODEL(m/s)
۱	۵۵	۱	۰/۴۵	$۹/۷۳ \times ۱۰^{-۷}$
۲	۵۴/۳	۱	۰/۴۶	$۹/۹۴ \times ۱۰^{-۷}$
۳	۳۶	۱	۰/۶۴	$۱/۵۸ \times ۱۰^{-۶}$
۴	۲۵/۷	۱	۰/۷۴	$۱/۹۴ \times ۱۰^{-۶}$
۵	۲۵	۰/۹۵	۰/۷۱	$۱/۸۴ \times ۱۰^{-۶}$

۴-۴-۶-۴ محاسبه حجم آب نفوذی در توده‌های سنگی و ارزیابی پهنه‌های فرار آب

در راستای ارزیابی پهنه‌های فرار آب با توجه به نفوذپذیری توده‌های سنگی محاسبه شده در سیستم HC، اقدام به برآورد حجم آب نفوذی در واحدهای سنگی محدوده مخزن سد شده است. در این حالت سطحی از لایه‌های سنگی موجود در مقطع مخزن سد که در تماس مستقیم با دریاچه می‌باشد را به صورت قطعه‌بندهای صورت گرفته، با توجه به قانون دارسی که به صورت زیر بیان می‌شود مورد پردازش قرار می-

دهیم:

$$Q = A \times K \times I \quad (\text{رابطه ۴-۱۱})$$

در رابطه فوق Q دبی آب عبوری (نفوذی) از سطح مقطع A هر قطعه در سه ارتفاع حداکثر، میانگین و حداقل که در انتقال آب نقش داشته باشد بوده، K ضریب نفوذپذیری معادل توده‌های سنگی منطقه و I گرادیان هیدرولیکی می‌باشد.

به منظور تعیین K در رابطه ذکر شده از K معادل توده‌های سنگی هر قطعه استفاده گردید که طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$K_x = \frac{k_1 z_1 + k_2 z_2 + \dots + k_n z_n}{z} \quad (\text{رابطه ۴-۱۲})$$

در این رابطه K_x ضریب هدایت هیدرولیکی معادل و Z ضخامت هر لایه با ضریب هدایت هیدرولیکی K خاص خود می‌باشد.

محاسبات انجام شده و تعیین مقدار آب نفوذی در توده‌های سنگی (جدول‌های ۴-۱۲ و ۴-۱۳) بیانگر افزایش نفوذپذیری توده‌های سنگی به دنبال افزایش ضخامت ستون آب می‌باشد که دلیل آن را می‌توان افزایش سطح تماس آب با لایه‌های معمولاً ماسه‌سنگی خرد شده در سطح دانست.

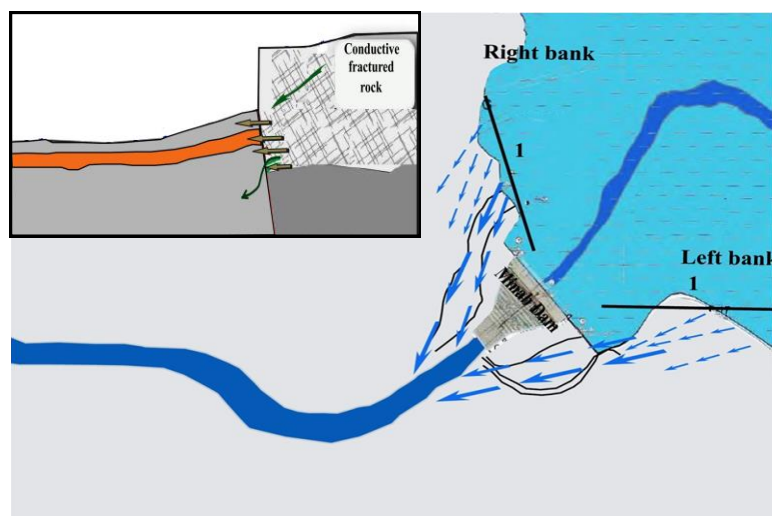
جدول ۴-۱۲ - داده‌ها و نتایج دبی نشت آب در جناح راست

قطعه	K_x (m/s)	A (m ²)			h (m)			Q (m ³ /s)		
		A_{min}	A_{mean}	A_{max}	h_1	h_2	h_3	Q_{min}	Q_{mean}	Q_{max}
۱	$3/56 \times 10^{-6}$	۱۹۳۵ ۱	۲۳۰۱ ۲	۲۷۱ ۹۶	۳ ۷	۱۵ ۴۴	۵ ۲	$1/87 \times 10^{-3}$	$2/2 \times 10^{-3}$	$3/1 \times 10^{-3}$
۲	$3/11 \times 10^{-6}$	۶۲۱۶ ۰	۷۳۹۲ ۰	۸۷۳ ۶۰	۳ ۷	۱۵ ۴۴	۵ ۲	$3/9 \times 10^{-3}$	$5/1 \times 10^{-3}$	$7/3 \times 10^{-3}$
۳	$3/01 \times 10^{-6}$	۶۷۴۵ ۰	۸۳۴۲ ۵	۹۹۴ ۰۰	۳ ۸	۴۷	۵ ۶	$3/8 \times 10^{-3}$	$5/2 \times 10^{-3}$	$7/5 \times 10^{-3}$
۴	$2/99 \times 10^{-6}$	۴۳۰۷ ۲	۵۵۱۸ ۶	۶۷۳ ۰۰	۳ ۲	۴۱	۵ ۰	$2/3 \times 10^{-3}$	$3/3 \times 10^{-3}$	$5/01 \times 10^{-3}$
۵	$2/58 \times 10^{-6}$	۴۸۵۴ ۴	۶۲۱۹ ۷	۷۵۸ ۵۰	۳ ۲	۴۱	۵ ۰	$2/2 \times 10^{-3}$	$3/1 \times 10^{-3}$	$4/7 \times 10^{-3}$

جدول ۴-۱۳- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب در جناح چپ

قطعه	Kx (m/s) ^{-۶}	A(m ²)			h(m)			Q (m ³ /s)		
		A _{m in}	A _{mea n}	A _{m ax}	h ₁	h ₂	h ₃	Q _{m in}	Q _{m ean}	Q _{max}
۱	۳/۵۹×۱۰ ^{-۶}	۱۸ ۷۹۶	۲۲۳۵ ۲	۲۶ ۴۱۶	۳۷	۱/۵ ۴۴	۵ ۲	۱/۶×۱۰ ^{-۳}	۲/۱×۱۰ ^{-۳}	۳/۰×۱۰ ^{-۳}
۲	۳/۴۴×۱۰ ^{-۶}	۱۳ ۹۸۶	۱۶۶۳ ۲	۱۹ ۶۵۶	۳۷	۱/۵ ۴۴	۵ ۲	۱/۱×۱۰ ^{-۳}	۱/۵×۱۰ ^{-۳}	۲/۲×۱۰ ^{-۳}
۳	۳/۲۹×۱۰ ^{-۶}	۶۱ ۳۴۴	۷۶۶۸ ۰	۹۲ ۰۱۶	۳۶	۴۵	۵ ۴	۴/۲×۱۰ ^{-۳}	۵/۸×۱۰ ^{-۳}	۸/۵×۱۰ ^{-۳}
۴	۳/۱۱×۱۰ ^{-۶}	۳۰ ۷۸۰	۳۸۰۷ ۰	۴۵ ۳۶۰	۳۸	۴۷	۵ ۶	۱/۷×۱۰ ^{-۳}	۲/۳×۱۰ ^{-۳}	۳/۴×۱۰ ^{-۳}
۵	۳/۰۳×۱۰ ^{-۶}	۲۸ ۶۵۲	۳۸۵۷ ۰	۴۸ ۴۸۸	۲۶	۳۵	۴ ۴	۱/۴×۱۰ ^{-۳}	۲/۱×۱۰ ^{-۳}	۳/۳×۱۰ ^{-۳}

یک حالت ویژه از موقعیت قرار گیری توده‌های سنگی نسبت به سد که در فرار آب مؤثر می‌باشد توده‌های سنگی تکیه‌گاه‌های سد در نزدیک محور که در صورت نفوذپذیری مناسب می‌تواند در فرار آب از سد به آبرفت رودخانه پایین دست سد نقش بسیاری داشته باشد این موضوع در واقع به گرادیان هیدرولیکی بالا و نفوذپذیری توده بستگی دارد. در شکل ۴-۱۳ طرح شماتیکی از نحوه قرارگیری سد و توده‌های سنگی جهت درک بهتر چگونگی نفوذ آب به رودخانه می‌باشد.



شکل ۴-۱۳ طرح شماتیکی از نحوه قرارگیری سد و توده‌های سنگی در قطعه‌های ۱.

با توجه به سطح آب در آبرفت رودخانه در نزدیکی پایین دست محور سد گرادیان هیدرولیکی بالا در قطعه‌های ۱ از هر دو جناح باعث افزایش میزان آب نفوذی از این قطعه‌ها شده است (جدول ۴-۱۴).

جدول ۴-۱۴- نتایج دبی نشت آب از قطعه ۱ در هر دو جناح.

جناح راست قطعه	I ₁	I ₂	I ₃	Q _{min}	Q _{mean}	Q _{max}
۱	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۲۶	$۳/۵ \times ۱۰^{-۳}$	$۵/۰۸ \times ۱۰^{-۳}$	$۷/۰۹ \times ۱۰^{-۳}$
جناح چپ قطعه	I ₁	I ₂	I ₃	Q _{min}	Q _{mean}	Q _{max}
۱	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۲۶	$۳/۳ \times ۱۰^{-۳}$	$۴/۷۰۱ \times ۱۰^{-۳}$	$۶/۶ \times ۱۰^{-۳}$

با توجه به نفوذپذیری متوسط و در برخی مقاطع نفوذپذیری نسبتاً بالا به ویژه در جناح راست سد و همچنین افزایش سطح تماس شدیداً خرد شده در برخی مقاطع مانند قطعه‌های ۳ و ۴ از جناح راست و ۴ و ۵ از جناح چپ، در ترازهای بالای سطح آب در مخزن که باعث افزایش نفوذ آب به درون توده‌های سنگی می‌شود فرار آب از مخزن توسط شکستگی‌های توده سنگ به طور خیلی کم وجود دارد.

۴-۶-۴-۵- اثر گسل میناب در فرار آب از سد میناب

در مطالعات هیدروژئولوژی جهت تعیین ارتباط هیدرولیکی آب‌های زیرزمینی با منابع آب مجاور، چگونگی تغذیه و تخلیه یک محدوده به صورت طبیعی و همچنین یافتن زون‌های نشت در مناطق مورد مطالعه عمدتاً نقش گسل‌ها و تأثیر آن‌ها بسیار حائز اهمیت است.

گسل میناب با توجه به قرارگیری در ۱۵۰۰ متری خاور محور سد میناب و درون مخزن آن از نقش بسیار مهمی در ایجاد مسیرهای هیدرولیکی و تحت تأثیر قرار دادن نفوذپذیری توده‌های سنگی مخزن

سد، برخوردار می‌باشد.

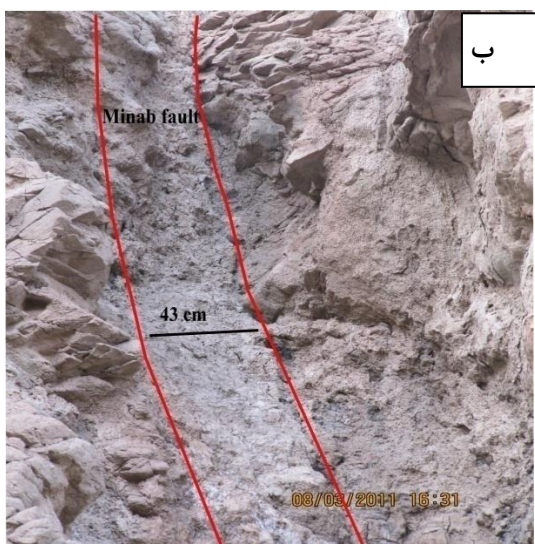
جهت ارزیابی نقش گسل میناب در نفوذپذیری توده سنگ‌های مخزن سد و در پی آن تعیین حجم آب نفوذی از طریق این گسل با پهنه برشی حدود ۱۰۰ متر، می‌بایست تمام مراحل انجام شده جهت تعیین نفوذپذیری و حجم آب نفوذی در قطعات دیگر توده‌های سنگی مخزن، انجام شود که شامل محاسبه RQD ، HC ، $K_{HC} - Model$ و در نهایت حجم آب نفوذی Q برای پهنه خرد شده این گسل می‌باشد. این نتایج در جدول ۴-۱۵ و ۴-۱۶ آورده شده است. در این محاسبات جهت تعیین نفوذپذیری معادل از رابطه نفوذپذیری به موازات لایه‌ها در لایه‌های ماسه سنگی به موازات گسل میناب و پهنه خرد شده آن استفاده شده است.

جدول ۴-۱۵- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب از پهنه خرد شده گسل میناب در جناح چپ

J_v	$RQD(\%)$	H_C	$K_{HC} - MODEL(m/s)$	$h(m)$			$Q (m^3/s)$		
				h_1	h_2	h_3	Q_{min}	Q_{mean}	Q_{max}
۲۹/۱	۱۹	۱۸۱	$۲/۱۹ \times ۱۰^{-۶}$	۳	۴	۵	-۵	-۵	-۴
		.		۸	۷	۶	$۶/۴ \times ۱۰$	$۶/۶ \times ۱۰$	$۱/۱۲ \times ۱۰$

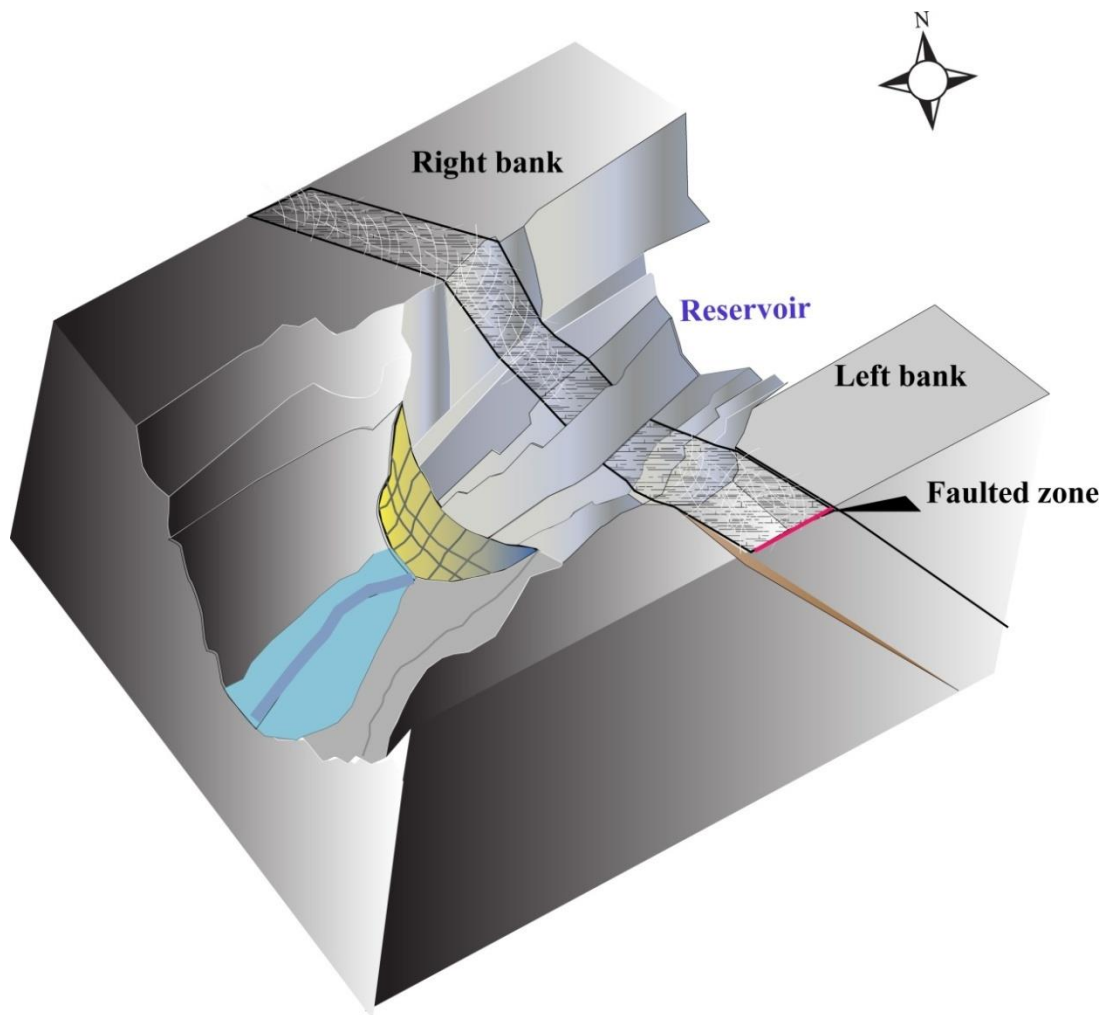
جدول ۴-۱۶- داده‌ها و نتایج بدست آمده برای پهنه خرد شده گسل میناب در جناح راست

J_v	$RQD(\%)$	H_C	$K_{HC} - MODEL(m/s)$	$h(m)$			$Q (m^3/s)$		
				h_1	h_2	h_3	Q_{min}	Q_{mean}	Q_{max}
۲۹/۷		۱۸۳	-۶	۳	۴	۵	-۵	-۵	-۴
	۱۷	.	$۲/۲۷ \times ۱۰$	۲	۱	.	$۵/۹ \times ۱۰$	$۸/۳ \times ۱۰$	$۱/۱۳ \times ۱۰$



شکل ۴-۱۴- الف) اثر گسل میناب بر توده‌های سنگی به صورت خرد شدگی و لغزش توده عظیمی از ماسه سنگ،
 ب) بازشدگی به وجود آمده در امتداد گسل میناب در محدوده اطراف سد.

این گسل با توجه به پهنه خرد شده قابل توجهی که عرض حدوداً ۱۰۰ متر را دارا می‌باشد از اصلی‌ترین عوامل تأثیرگذار در تراوش و نشت آب دریاچه سد میناب در ترازهای مختلف می‌باشد. وجود گسل اصلی میناب و گسل‌های فرعی اطراف آن در واقع با درزه‌داری و کاهش مقاومت توده سنگ، باعث افزایش نفوذپذیری سنگ‌های اطراف شده و می‌توانند یکی از مسیرهای اصلی محتمل فرار آب به شمار می‌روند (شکل ۴-۱۵).



شکل ۴-۱۵- طرح شماتیک از جانمایی و عرض پهنه برشی گسل میناب در مخزن سد میناب.

در مدل تجربی انتخاب شده جهت برآورد نفوذپذیری توده‌های سنگی بر اساس خصوصیات سنگ‌شناسی و ساختاری از یک ضریب نفوذپذیری پایه که برابر $۱۰^{-۶} \times ۲/۹۳$ متر بر ثانیه است به عنوان نفوذپذیری حداکثر توده‌های سنگی رسوبی استفاده شده است. بنابراین نتایج بدست آمده بیانگر نفوذپذیری سنگ‌های رسوبی با حداکثر نفوذپذیری $۱۰^{-۶} \times ۲/۹۳$ متر بر ثانیه می‌باشد. در نتیجه جهت ارزیابی دقیق نفوذپذیری توده‌های سنگی در مخزن سد میناب، نفوذپذیری دقیق اولیه توده‌های سنگی موجود می‌تواند نفوذپذیری واقعی این سنگ‌ها را در این مدل نشان دهد. در این راستا از نفوذپذیری میانگین توده‌های سنگی مشابه که در سد شمیل واقع در ۴۵ کیلومتری شمال غرب سد میناب و تحت آزمایش‌های ارزیابی نفوذپذیری (لوژان) تعیین شده استفاده شده است. میزان تراوایی

توده سنگ‌های ساختگاه سد شمیل با انجام آزمایش‌های لوژان نشان می‌دهد که میانگین تراوایی توده‌های سنگی به سن میوسن پسین حدود $6/6 \times 10^{-6}$ متر بر ثانیه یعنی نفوذپذیری متوسط می‌باشد (شریفی تشنیزی، ۱۳۸۴). در توده سنگ‌های مخزن سد میناب با توجه به جوان تر بودن توده‌ها که متعلق به میوسن میانی و بالایی می‌باشند و همچنین سیمان شدگی ضعیف‌تر این توده‌ها، نفوذپذیری آستانه 10^{-5} فرض می‌شود. نتایج بدست آمده با فرض این نفوذپذیری آستانه در جدول‌های ۴-۱۷ تا ۴-۲۲ برای تمامی حالت‌های موجود آورده شده است.

جدول ۴-۱۷ - نتایج محاسبه نفوذپذیری سنگ‌ها (KHC-MODEL) در جناح چپ بر اساس سیستم HC ، RQD طبق نفوذپذیری آستانه 10^{-5}

جناح راست	KHC-MODEL(m/s)	جناح چپ	KHC-MODEL(m/s)
۱	$1/0 \times 10^{-5}$	۱	$9/73 \times 10^{-6}$
۲	$9/14 \times 10^{-6}$	۲	$9/94 \times 10^{-6}$
۳	$1/68 \times 10^{-5}$	۳	$1/58 \times 10^{-5}$
۴	$2/02 \times 10^{-5}$	۴	$1/94 \times 10^{-5}$
۵	$1/85 \times 10^{-5}$	۵	$1/84 \times 10^{-5}$

جدول ۴-۱۸ - داده‌ها و نتایج دبی نشت آب در جناح راست طبق نفوذپذیری آستانه 10^{-5}

جناح راست قطعه	K_x (m/s)	Q (m ³ /s)		
		Q _{min}	Q _{mean}	Q _{max}
۱	$8/5 \times 10^{-6}$	$4/4 \times 10^{-3}$	$5/2 \times 10^{-3}$	$7/4 \times 10^{-3}$
۲	$1/4 \times 10^{-5}$	$1/7 \times 10^{-2}$	$2/2 \times 10^{-2}$	$3/2 \times 10^{-2}$
۳	$9/2 \times 10^{-6}$	$1/1 \times 10^{-2}$	$1/5 \times 10^{-2}$	$2/3 \times 10^{-2}$
۴	$9/3 \times 10^{-6}$	$7/4 \times 10^{-3}$	$1/0 \times 10^{-2}$	$1/5 \times 10^{-2}$
۵	$1/0 \times 10^{-5}$	$8/2 \times 10^{-3}$	$1/1 \times 10^{-2}$	$1/7 \times 10^{-2}$

جدول ۴-۱۹ - داده‌ها و نتایج دبی نشت آب در جناح چپ طبق نفوذپذیری آستانه 10^{-5}

جناح چپ قطعه	K_x (m/s)	Q (m ³ /s)		
		Q _{min}	Q _{mean}	Q _{max}
۱	$8/3 \times 10^{-6}$	$3/7 \times 10^{-3}$	$4/9 \times 10^{-3}$	$7/1 \times 10^{-3}$
۲	$8/4 \times 10^{-6}$	$2/8 \times 10^{-3}$	$3/7 \times 10^{-3}$	$5/3 \times 10^{-3}$
۳	$9/0 \times 10^{-6}$	$1/6 \times 10^{-2}$	$1/6 \times 10^{-2}$	$2/3 \times 10^{-2}$

		۱/۱×۱۰		
۴	۱/۱×۱۰ ^{-۵}	-۳ ۵/۹×۱۰	-۳ ۸/۱×۱۰	۱/۱×۱۰ ^{-۲}
۵	۱/۱×۱۰ ^{-۵}	-۳ ۵/۳×۱۰	-۳ ۸/۰×۱۰	۱/۲×۱۰ ^{-۲}

جدول ۴-۲۰- نتایج دبی نشت از قطعه ۱ هر دو جناح (نفوذپذیری آستانه ۵⁻)
(۱۰).

جناح راست قطعه	Q_{min}	Q_{mean}	Q_{max}
	۱	۳/۵×۱۰ ^{-۲}	۵/۰×۱۰ ^{-۲}	۷/۰۹×۱۰^{-۲}
جناح چپ قطعه	Q_{min}	Q_{mean}	Q_{max}
	۱	۳/۳×۱۰ ^{-۲}	۴/۷۸×۱۰ ^{-۲}

جدول ۴-۲۱- داده‌ها و نتایج دبی نشت آب از پهنه خرد شده گسل میناب در جناح چپ
(نفوذپذیری آستانه ۵⁻) (۱۰).

$K_{HC} - MODEL (m/s)$	$Q (m^3/s)$		
	Q_{min}	Q_{mean}	Q_{max}
۲/۱۹×۱۰ ^{-۵}	-۴ ۶/۴۲×۱۰	-۴ ۶/۶۲×۱۰	-۳ ۱/۱۲×۱۰

جدول ۴-۲۲- داده‌ها و نتایج بدست آمده برای پهنه خرد شده گسل میناب در جناح راست
(نفوذپذیری آستانه ۵⁻) (۱۰).

$K_{HC} - MODEL (m/s)$	$Q (m^3/s)$		
	Q_{min}	Q_{mean}	Q_{max}
۲/۲۷×۱۰ ^{-۵}	-۴ ۵/۸۷×۱۰	-۴ ۸/۳۶×۱۰	-۳ ۱/۱۳×۱۰

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که در حالت نفوذپذیری تعریف شده بر اساس نفوذپذیری آستانه توده‌های سنگی، زون خرد شده گسل میناب و قطعه ۴ از جناح راست بیشترین نفوذپذیری را دارا می‌باشند. همچنین

قطعه ۴ از جناح چپ و قطعه ۵ از هر دو جناح که متأثر از گسل میناب و گسل‌های فرعی آن بوده به دلیل درزه‌داری بالا، نفوذپذیری بیشتری نسبت به دیگر نواحی مخزن دارند.

۴-۷- جمع بندی

با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعات دفتری و میدانی در محدوده سد میناب در راستای ارزیابی نفوذپذیری و فرار آب از مخزن سد میناب نتایج زیر استنباط می‌شود.

بررسی‌های صورت گرفته بر روی داده‌های رقومی مربوط به حجم و تراز آب مخزن رابطه‌ای مستقیم را نشان می‌دهد که در آن با افزایش سطح تراز آب مخزن، میزان فرار آب نیز بیشتر می‌شود و این امر در ترازهای بالاتر از ۸۷ متر (ارتفاع سطح دریاچه از سطح دریا) مشهودتر می‌باشد. یکی از دلایل دیگر وجود احتمالی فرار آب از مخزن، ارتباط هیدرولیکی دشت‌های مجاور با مخزن سد میناب می‌باشد. وجود مناطق تغذیه‌ای خاص در امتداد گسل میناب که در نقشه تراز آب دو دشت تشخیص داده شده است، وجود یک زون تغذیه‌ای که مرتبط با گسل میناب می‌باشد را به اثبات می‌رساند.

نتایج بدست آمده از ارزیابی نفوذپذیری توده‌های سنگی بر اساس مدل تجربی استفاده شده بیانگر نفوذپذیری بیشتر برای قطعه‌های ۴ از جناح راست و چپ و همچنین پهنه خرد شده گسل میناب می‌باشد. در مطالعات تکمیلی جهت تعیین حجم آب خروجی توسط توده‌های سنگی و همچنین شناسایی محل‌های محتمل فرار آب میزان کل دبی جریان آب خروجی در هر دو جناح سد برآورد شده است که بیانگر میزان حجم فرار آب در سال می‌باشد. در واقع حجم کل فرار و نشت آب از مخزن و تکیه‌گاه‌های سد از جمع نمودن حجم‌های بدست آمده در محدوده‌های مختلف مخزن و تکیه‌گاه‌های سد بدست می‌آید. بر اساس نفوذپذیری بدست آمده از هر قطعه در دو جناح سد و دبی جریان Q مربوط به آن می‌توان گفت که توده‌های سنگی متأثر از گسل میناب و همچنین پهنه خرد شده این گسل از مهمترین محل‌ها و همچنین قطعه‌های ۱ از هر دو جناح در صورت حالت بحرانی که باعث انتقال میزان قابل توجهی آب به درون رودخانه

پایین دست سد می شود محل های مستعد و اصلی در فرار آب می باشند. در نهایت میزان کل دبی جریان آب نفوذی در مخزن در حالت حداکثر تراز آب با توجه به نفوذپذیری بدست آمده توسط مدل HC برابر با ۰/۰۶۲ مترمکعب بر ثانیه می باشد که باعث فرار آب ۱/۹۸ میلیون مترمکعب در سال می شود و نتایج بر اساس نفوذپذیری تعریف شده (نفوذپذیری آستانه 10^{-5})، نشان می دهد که دبی جریان آب نفوذی در مخزن در حالت حداکثر تراز آب، با توجه به نفوذپذیری بدست آمده توسط مدل HC برابر با ۰/۲۹ مترمکعب بر ثانیه می باشد که باعث فرار آب ۹/۲۱ میلیون مترمکعب در سال می شود.

فصل پنجم

نتیجه گیری

و

پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری

محدوده مخزن سد استقلال میناب شامل ماسه سنگ، ماسه سنگ همراه با گل سنگ و مارن های خاکستری با میان لایه های ماسه سنگی می باشد. به طور عمده ماسه سنگ ها با نفوذپذیری ثانویه که در اثر درزه داری در آن ها شکل گرفته در عمق های پایین تر از ۱۵ متر در تماس مستقیم با دریاچه سد در تراز نرمال آن هستند و از عمق های بالاتر از ۱۵ متر در مخزن لایه های ماسه سنگی با درصد بالای هوازگی و همچنین دو گروه سنگی دیگر که دچار هوازگی و گسترش ناپیوستگی ها شده اند با آب در تماس می باشند. لایه های ماسه سنگ متعلق به سازند ماسه سنگ خکو (واحد مکران) می باشد. این واحد به سبب ماهیت سنگ شناسی خود دارای نفوذپذیری اولیه پایینی است. لذا هیدرولوژی توده سنگ متاثر از نفوذپذیری ثانویه ای است که تحت تاثیر درزه و ترک در توده سنگ شکل گرفته است. لایه های مارن جز در مناطق سطحی و هوازده به طور کلی نفوذناپذیر بوده و یا نفوذپذیری کمی دارند، اما با توجه به وجود میان لایه های ماسه سنگی و توسعه درزه ها و شکستگی ها در این لایه ها مقداری نفوذپذیری در این بخش وجود دارد.

نتایج بدست آمده از این تحقیق در دو قالب فعالیت های تکتونیکی و ارزیابی نفوذپذیری توده های سنگی مخزن سد میناب به شرح زیر می باشد.

۱- تحت فشردگی در تاقدیس میناب و همچنین وجود گسل میناب ریز گسل هایی ایجاد شده است. در محدوده سد میناب علاوه بر گسل اصلی میناب ۳ گسل دیگر که در ارتباط با گسل میناب و شاخه های از آن می باشند شناسایی شده است که توده های سنگی مخزن سد را تحت تأثیر قرار داده است.

۲- مقدار نفوذپذیری در ساختگاه سد تحت تأثیر سنگ شناسی، ناپیوستگی های موجود در توده سنگ، نوع پرشدگی آن ها و گسل ها قرار می گیرد بطوریکه مقدار نفوذپذیری عموماً متوسط و در بعضی مقاطع نفوذپذیری بالا هم دیده می شود.

۳- وجود پهنه خرد شده گسل میناب و تحت تأثیر قرار دادن توده‌های سنگی مخزن عامل اصلی در نفوذپذیری و نشت آب در مخزن می‌باشد.

۴- نتایج مطالعه ناپیوستگی‌ها که با بررسی‌های آماری بر روی ۷۱۰ سطح ناپیوستگی در جناح چپ و ۹۹۵ سطح ناپیوستگی در جناح راست، بدست آمده حاکی از تحت تأثیر قرار گرفتن توده‌های سنگی توسط سیستم درزه‌های با مشخصات 070/75SE ، 025/65SE ، 275/80NE ، 320/80NE و 070/70NW که از مهمترین سیستم درزه‌های موجود در ساختگاه هستند می‌باشد. و همچنین مطالعات صورت گرفته بر روی خصوصیات سطح درزه‌ها از جمله شیب و جهت شیب، فاصله داری، امتداد ، تعداد دسته درزه‌ها، مواد پر کننده، هوازگی و بازشدگی، و استفاده این ویژگی‌ها جهت توصیف شاخص مقاومت و درجه کیفی سنگ‌ها بیانگر توصیف توده‌سنگ‌های مخزن سد به شرح زیر می‌باشد.

از دیدگاه شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) توده سنگ‌های مارنی در رده سنگ‌های شدیداً بلوکی ، مارن‌های ماسه‌سنگی در محدوده توده سنگ‌های بلوکی و ماسه‌سنگ‌ها در زمره سنگ‌های شدیداً بلوکی تا بلوکی و بهم ریخته قرار می‌گیرند و برای توده‌های سنگی به تفکیک لیتولوژی مقادیر GSI ۳۲-۳۸ برای مارن‌ها با میان لایه ماسه سنگ و ۳۵-۴۲ برای ماسه سنگ همراه با گل‌سنگ و ۴۲-۴۸ برای ماسه‌سنگ‌ها تعیین شده است. از دیدگاه درجه کیفی توده سنگ (RQD) نیز نتایج بدست آمده بر اساس بررسی ناپیوستگی‌ها در رخنمون‌ها و روابط مربوط به محاسبه این شاخص بیانگر میزان RQD تقریباً یکنواخت در بخش‌های سطحی که متأثر از عوامل فرسایشی و هوازگی است می‌باشد. در این بین قطعه‌های ۴ و ۵ از هر دو جناح RQD پایین تری را نشان می‌دهند.

۵- خرد شدگی شدید سنگ و بالا بودن شدت هوازگی و گسترش آن در ناپیوستگی‌های توده‌های سنگی و همچنین خالی بودن ناپیوستگی‌ها از مواد پرکننده یا پرشدگی با موادی با قابلیت انحلال و نفوذپذیر در اثر افزایش ضخامت ستون آب، از دلایل اصلی نفوذپذیری سنگ‌ها می‌باشد. در واقع تحت فشار ارتفاع آب سد، مواد پرکننده مانند رس شسته می‌شوند و با حرکت این رس ها از جای

خود مجاری باز می شود و آب از طریق آن ها نفوذ می کند. وجود گچ در مارن ها و حل شدن آن با آب نیز از دیگر دلایل نفوذپذیری ناپیوستگی های پر شده توسط گچ می باشد.

۶- نفوذپذیری های مشاهده شده مربوط به بخش هایی است که توسعه زون های خرد شده و درزه ها در آن بخش ها بیشتر بوده است.

۷- حجم کل فرار و نشت آب از مخزن و تکیه گاه های سد از جمع نمودن حجم های بدست آمده در محدوده های مختلف مخزن و تکیه گاه های سد بدست می آید. نتایج بدست آمده به شرح زیر می باشد:

- دبی جریان آب نفوذی در مخزن در حالت حداکثر تراز آب، با توجه به نفوذپذیری بدست آمده توسط مدل HC و بر اساس حداکثر نفوذپذیری^۶ $2/93 \times 10^{-6}$ متر بر ثانیه برابر با $0/062$ متر مکعب بر ثانیه می باشد که باعث فرار آب $1/98$ میلیون متر مکعب در سال می شود.

- نتایج بر اساس نفوذپذیری تعریف شده (نفوذپذیری آستانه^۵ 10^{-5})، نشان می دهد که دبی جریان آب نفوذی در مخزن در حالت حداکثر تراز آب، با توجه به نفوذپذیری بدست آمده توسط مدل HC برابر با $0/29$ متر مکعب بر ثانیه می باشد که باعث فرار آب $9/21$ میلیون متر مکعب در سال می شود.

پیشنهادات

- ۱- استفاده از مطالعات ژئوفیزیکی جهت تعیین دقیق پهنه‌های فرار آب با توجه به گسل میناب و تأثیر آن در آب زیر زمینی دشت میناب و کریان.
- ۲- استفاده از سنجش از دور جهت ارزیابی رطوبت خاک در اطراف مخزن سد و استفاده از آن در مقایسه با مناطق محتمل فرار آب بدست آمده در مطالعات دیگر.
- ۳- احداث پیزومترهای بیشتر در امتداد رشته کوه و گسل میناب در نقاط مشکوک جهت بررسی دقیق تر ارتباط هیدرولیکی دشت ها با مخزن .

منابع

منابع فارسی

✓ آقائباتی، ع.، (۱۳۸۵)، "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی

کشور. ۵۸۵ ص

- ✓ بربریان، م.، ارژنگ روش، ب.، و مهاجر اشجعی، ا.، (۱۳۷۱)، "پژوهش و بررسی ژرف نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه-گسلش در گستره قزوین بزرگ و پیرامون"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، گزارش شماره ۶۱
- ✓ برزگر، ف.، (۱۳۶۰)، "گسله رازک، خلاصه مقالات سومین همایش زمین شناسی ایران"، انجمن نفت ایران.
- ✓ پوررحیم، ا.، (۱۳۸۷)، "بررسی زمین ساخت جنبا وخطر زمین لرزه - گسلش در گستره ای به شعاع ۱۰۰ کیلومتر پیرامون شهر بندر عباس"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، پژوهشکده علوم زمین.
- ✓ پورکرمانی، م.، (۱۳۸۵)، "زمین شناسی ساختمانی (رشته زمین شناسی)"، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۹۶ ص
- ✓ حافظی مقدس، ن.، (۱۳۹۰)، زمین شناسی مهندسی، ۴۸۸ ص
- ✓ درویش زاده، ع.، (۱۳۸۵)، زمین شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، ۴۳۴ ص
- ✓ شریفی تشنیزی، ا.، نیکودل، م.، ارومیه ای، ع.، قزویان، ع.، (۱۳۸۴)، بررسی خصوصیات توده سنگ در ساخگاه سدهای شمال و نیان، مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم.
- ✓ صداقت، م.، (۱۳۸۷)، زمین و منابع آب (آب های زیرزمینی)، دانشگاه پیام نور ۳۶۸ ص
- ✓ علایی طالقانی، م.، (۱۳۸۱)، "ژئومورفولوژی ایران"، انتشارات قومس، ۲۱۴ ص
- ✓ قرشی، م.، (۱۳۶۳)، گسلش سنوزوئیک پسین در جنوب خاوری ایران، سازمان زمین شناسی کشور، ۲۸۹ ص
- ✓ کرمی، غ.، (۱۳۸۸)، راهنمای کاربرد ردیابها در بررسی نشت و فرار آب از مخزن و تکیه گاه های سد، وزارت نیرو، نشریه شماره ۳۴۰ - الف

- ✓ گزارش مطالعات توسعه منابع آب و آبخیزداری حوضه سد میناب، (۱۳۷۴) مهندسین مشاور آب و رزاق، شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان.
- ✓ مارشاک، اس، میترا، گ، ۱۹۸۸، روش‌های اساسی زمین‌شناسی ساختمانی، ترجمه، پورکرمانی، م، معتمدی، ح، ۱۳۸۱، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- ✓ مطیعی، ه، (۱۳۷۴)، "زمین‌شناسی نفت زاگرس"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ✓ مورگان، م، (۱۳۶۴)، شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش طاهروئی به مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور

References

- ✓ Aleksandrowski, P, (1985), "Graphical determination of principal stress directions for slickenside lineation populations: an attempt to modify Arthauds method", J.Struc.Geol. V.7, P.73-82.
- ✓ Arthaud, P, (1969), "Method de deformation graphique dune population de failles Bull".Soc.Geol.De France,.
- ✓ Babiker, M; & Gudmundsson, A. (2004). "The effect of dykes and faults on ground water flow in *an arid land, the Red Sea Hills, Sudan*" Hydrogeology Journal, Vol. 297, No 1-4, pp. 256-273
- ✓ Baghbanan., A., Lanru Jing, (2007), Hydraulic properties of fractured rock masses with correlated fracture length and aperture, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 44. 704–719
- ✓ Barton, N., Lien R. & Lunde J. (1974), "Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support", Rock Mechanics, Vol.6/4, pp 189-236
- ✓ Berbarian, M, and King, G.C.P, (1981), "Towards a paleo geography and tectonic evolution of Iran", Report No. 52, Geological Survey of Iran.
- ✓ Berberian, M., (1976) a. "An Explanatory Note on the First Seismotectonic Map of Iran; A Seismotectonic Review of the Country. In: Contribution to the Seismotectonics of Iran (part II) ", Geol. Sur. Of Iran, Rep, No.39, p. 7-142.
- ✓ Berberian, M., (1976) b. "Documented earthquake faults in Iran, Contribution to the seismotectonics of Iran (part II) ", Geol. Sur. of Iran, Rep, No.39,p. 143-186.
- ✓ Berberian, M., (1976) c. "Quaternary faults in Iran, Contribution to the seismotectonics of Iran (part II) ", Geol. Sur. of Iran, Rep, No.39,p. 187-258.
- ✓ Berberian, M., (1981), "Active faulting and tectonics of Iran. In: H.K. Gupta and F.M. Delany (Editors), Zagros-Hindu Kush-Himalaya Geodynamic Evolution". Am. Geophys. Union, Geodyn. Ser., 3: 33-69
- ✓ Boulon ., M. J., Selvadurai., A. P. S., Benjelloun., H., Feuga., B., (1993), Influence of Rock Joint Degradation on Hydraulic Conductivity, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol.30, No.7, pp. 1311-1317.
- ✓ Cai, M., Kaiser, P.K., Uno, H. Tasaka, Y. & Minami, M. (2004), "Estimation of rock mass deformation modulus and strength of jointed hard rock masses using the GSI

system", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 41(2004), pp. 3-19

- ✓ Campbell, K.W, (1981), "Near source attenuation of peak holij out of acceleration". Bull. Seism. Soc. Am. 71.
- ✓ Cox,R. (1994), "Analysis of drainage – basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible quaternary tilt –block tectonics; An example from the Mississippi Embayment" .Geological society of American Bulletin.106,P. 571-581.
- ✓ Davis, s. N. & Dewiest. R.J.M., (1966). Hydrogeology. New York, John Wiley & Sons, 463pp.
- ✓ Deere, D. U.; Hendron, A. J.; Patton, F. D. & Cording, E. J. (1967), "Design of surface and near surface construction in rock, Proceedings of 8th U.S. Symposium. Rock Mechanics". AIME, pp. 237-302, New York.
- ✓ Delinom., R. M., (2009), Structural geology controls on groundwater flow: Lembang Fault case study, West Java, Indonesia, Hydrogeology Journal , Springer-Verlag, DOI 10.1007/s10040-009-0453-z
- ✓ Falcon, N. L., (1967), The geology of northeast Margin of Arabian basement shield: Adv. Sci. lond., Sept, pp. 31-42
- ✓ Fleuty. M.J., (1964) "The description of folds", Proceeding of the Geologists Association , V . 75. pp, 461-492,
- ✓ Fossen, H., (2010), "Structure Geology". Cambridge University Press., p.481
- ✓ Foyo, A.; Sa'nchez, M. A.; & Tomillo, C. (2005), "A proposal for secondary permeability index obtained from water pressure test in dam foundations", J. Geo. Eng., Vol. 77, 69-82.
- ✓ Gudmundsson, A. (2000), "Active fault zones and ground water flow" Geophys. Res. Lette. Vol 27, pp. 2993-2996
- ✓ Hamm, S.; Kim, M.; Cheong, J.; Kim, J.; Son, M. & Kim, T. (2007), "Relationship between hydraulic conductivity and fracture properties estimated from packer tests and borehole data in a fractured granite", Engineering Geology, 92, 73-87.
- ✓ Haneberg, W.C. (1994), Faults and subsurface fluid flow in the shallow crust. Geophysical monographs 113.
- ✓ Hoek., e, Brown. E.T, (1997), "practical estimates of rock mass strength", International journal Rock Mechanics Mining science;; 34, 1165 - 1186
- ✓ Huber, H., (1978), "Geological map of Iran, Map sheet 6, shouteast of Iran", NIOC.

- ✓ Huntoon, P.W., Lundy. D.A., (1979). Fracture-controlled ground-water circulation and well siting in the vicinity of Laramie, Wyoming. *Ground water* 17 , no.3: 463-469.
- ✓ Jamison, W.R., (1987), "Geometric analysis of fold development in overthrust terranes". *Journal of Structural Geology* 9, 207-219
- ✓ Knill, J.L., (1972), "Assessment of reservoir feasibility". *Quart. J. Eng. Geol.* Vol. 4, PP. 355-372.
- ✓ Lee, C. H. & Farmer, I. (1993), "Fluid flow in discontinuous rocks", Chapman & Hall, London, UK.
- ✓ Maclay, R.W., & Small, T.A., 1983, Hydrostratigraphic subdivisions and fault barriers of the Edwards Aquifer, South-Central Texas, U.S.A.: *Journal of Hydrology*, v. 61, p. 127-146.
- ✓ Milanovic P.T. (1981), "Karst Hydrogeology". Water Resources Publications, 434 pp.
- ✓ Milanovic ´, P.T., 1997, Reservoirs in karst: Common watertightness problems, in Gu´ ney, G., and Johnson, A.I., eds., *Karst Waters and Environmental Impacts*, Rotterdam, A.A. Balkema, p. 397–400.
- ✓ Mitra, S., (1990), "Fault-propagation folds: geometry kinematic evolution", and hydrocarbon traps. *Bulletin of the America Association of Petroleum Geologists* 74, 921–945.
- ✓ Molinaro, M., Guezou, J.C., Leturmy, P., Eshraghi, S.A., Frizon de Lamotte, D., (2004), "The origin of changes in structural style across the Bandar Abbas syntaxis, SE Zagros (Iran) ", *Marine and Petroleum Geology* 21(2004), 735-752
- ✓ Morley, C.K., (1994), "Fold-generated imbricates: examples from the Caledonides of Southern Norway". *Journal of Structural Geology* 16, 619–631.
- ✓ Nissen .E., M. Ghorashi, J. Jackson., B Parsons., M. Talebian (2007), The 2005 Qeshm Island earthquake (Iran). *Geophys. J. Int.* doi: 10.1111/j.1365-246X.2007.03514.x.
- ✓ Palmström, A. (1982), "The volumetric joint count - a useful and simple measure of the degree of rock jointing". *Proc. 4th Congr. Int. Assn Engng Geol.*, Delhi 5, 221-228.
- ✓ Palmstrom, A. (1996), "RMi- A system for Characterizing Rock Mass strength for Use in Rock Engineering, Jr". of *Rock Mech. And Tunneling Tech.*, India. Vol.1, No.2, pp.69-108.
- ✓ Peyret, M., Djamour Y., Hessami K., Regard V., Bellier. O, Vernant.P., Daigni`eres .M., Nankali .H., Van Gorp .S., Goudarzi .M., . Ch´ery.J, Bayer. R. and Rigoulay.M., (2007), "Present- day strain distribution across the minab – zendan - palami fault system from

dence GPS transects "Gionluce Grando ,kenmeclay sedimentary geology } Geophysical Journal International Volume 179, Issue 2.

- ✓ Ramsay, G., Huber, M.I., (1983), "The Techniques of Modern Structural Geology", vols. 1 and 2. Academic Press, London. 700 pp.
- ✓ Ramsay, J. G. Huber, M. I. (1987), "The Techniques of Modern Structural Geology". Book
- ✓ Ramsay, J.G., (1967), "Folding and Fracturing of Rock, McGraw Hill", pp. 568.
- ✓ Regard, V., Bellier, O., Thomas, J.C., Bourles, D., Bonnet,S., Abbasi, M.R., Braucher,R., Mercier,J., Shabanian,E., Soleymani, and Fegghi, Kh., (2004), "Cumulative right lateral fault slip rate across the Zagros-Makran transfer zone: role of the Minab-Zendan fault system in accommodating Arabia-Eurasia convergence in southeast Iran", Geophys.J. Int.V.162, P.177-203.
- ✓ Rich, J.L., (1934), "Mechanics of low-angle overthrust faulting as illustrated by the Cumberland Thrust Block, Virginia, Kentucky and Tennessee". American Association of Petroleum Geologists Bulletin 18, 1584–1596.
- ✓ Robert, W. Zimmerman ., Gudmundur, S. Bodvarsson.,(1996), Hydraulic Conductivity of Rock Fractures. Kluwer Academic Publishers. 23: 1-30.
- ✓ Sahimi, M. (1995), "Flow and transport in porous media and fractured rock", Wiley-VCH.
- ✓ Cheng-Yu Ku .,Shih-Meng Hsu , , Lin-Bin Chiou , Gwo-Fong Lin .,(2009),An empirical model for estimating hydraulic conductivity of highly disturbed clastic sedimentary rocks in Taiwan. Engineering Geology 109 . 213–223
- ✓ Shih-Meng Hsu1, Hung-Chieh Lo1, Shue-Yeong Chi1 and Cheng-Yu Ku.,(2009).Rock Mass Hydraulic Conductivity Estimated by Two Empirical Models. Developments in Hydraulic Conductivity Research.p.134-158
- ✓ Sibson, R.H., (1977). "Fault rock and fault mechanisms: J. Geol.soc., London, V. 133, p.191 - 213.
- ✓ Singhal, B, B, S; Gupta, R,P. (2010), "Applied Hydrogeology of fractured Rocks" second edition, Springer Science, pp:459
- ✓ Singhal, B.B.S., Gupta, R.P., (1999), "Applied Hydrogeology of Fractured Rocks". Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, p. 400.
- ✓ Stoneley, R., (2005), "The zendan fault of southern Iran". Proceedings of the Geologists Association, 116, 311-313

- ✓ Sung-ho Hong.,(1999), Anisotropic Hydraulic Conductivity of Faulted Poorly Consolidated Eolian Sands. New Mexico Institute of Mining and Technology Department of Earth and Environmental Science Socorro.
- ✓ Suppe, J., (1983), "Geometry and kinematics of fault-bend folding". American Journal of Sciences 283, 684–721.
- ✓ Suppe, J., (1985), "Principles of Structural Geology". Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 537pp.
- ✓ Suppe, J., Medwedeff, D.A., (1984), "Fault-propagation folding". Geological Society of America Bulletin, Abstracts with Programs 16, 670.
- ✓ Suppe, J., Medwedeff, D.A., (1990), "Geometry and kinematics of faultpropagation folding". Eclogae Geologicae Helvetiae 83, 409–454.
- ✓ Talebian, M. & Jackson, J.A., (2004), "A reappraisal of earthquake focal mechanism and active shortening in the Zagros mountains of Iran". Geophysical Journal International, 156, 506-525
- ✓ Tatar, M, Hatzfeld, D, Martinod, J, Walpersdorf, A, Ghafori-Ashtiany, M. & Chery, J, (2002), "The present-day deformation of the central Zagros from GPS measurements". Geophys. Res. Lett., 29 (19), doi: 10.1029/2002GL015427.
- ✓ Tatar, M., Hatzfeld, D., and Ghafory-Ashtiany, M., 2004, Tectonics of the Central Zagros (Iran) deduced from microearthquake seismicity: Geophysical Journal
- ✓ Tavarnelli, E., 1997. Structural evolution of a foreland fold-and-thrust belt: The Umbria-Marche Apennines, Italy. Journ. Struct. Geol. 19, 523-534
- ✓ Vita-Finzi, C. (1962), "Recent Earth movement – An introduction to Neotectonics" . Academic Press, London.
- ✓ Weaver J.M.C., (1993), A Preliminary Survey of Pesticide Levels in Groundwater from a Selected Area of Intensive Agriculture in the Western Cape. Water Research Commission Report No. 268/1/93.
- ✓ Weir., Z. Q., Eggery., P., Descoeudrest., F., (1995), Permeability Predictions for Jointed Rock Masses, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 32, No. 3, pp. 251-261

Abstract

The study area is the part of Minab city located in the east of Hormozgan province and between structural zones Zagros and Makran. The major deformation in area is accommodated by folding and faulting. The structures of the area anticlines and synclines which are parallel general trends are approximately north-south to northwest - southeast. Major of variation are observed in vicinity of minab fault. The growth of folds is affected by reverse fault related with minab fault.

In this investigation first which has been, studied in minab dam and surrounding in two stages. First neo tectonic activities in the region is investigated, and then to estimate the permeability and water leakage from the rock mass of the reservoir minab dam focused on office and field is studied too. Minab fault is studied for Evaluation of tectonic and neo tectonic activities, the minab fault in the northern part of it, has affected and cut quaternary deposits. In the first case in the east of Minab-Bandar Abass road, and near the village Domshahr where the Minab fault is the boundary of alluvium and the mountains some findings on the quaternary deposits of the fault has been observed in trenches drilled for construction projects, and also the shear affects of the fault on a river terrace in the northeast of the village Domshahr, indicate quaternary fault activity. Another activity of this fault, tertiary quaternary deformation fault associated with, including: 1) right-lateral displacement up to 1.5 m at the age of minab conglomerate and layers of khekoh sandstone and minab alluvium. 2) evidence of reverses faults near with displacement of the cm-scale. 3) kink structures developed by reverse branch of the minab fault in the Miocene Pliocene sediments. 4) folds related to reverse which related to minab fault and happened occurred in the layers at the age of Miocene to Pliocene. 5) relating to reverse near minab fault activity some landslide in the minab dam reservoir has been the occurred along that fault. The second part of investigation is permeability of the rock mass and water leakage the reservoir minab fault activity at this stage, the rock mass around dam has been studied in five parts and in each flank the GSI and RQD have been investigated. The results indicate GSI values in a range of 32 to 48 for the total rock mass which are dam contained highly qualified for block and poured concrete block, which are varied due to litology and joint set number and properties. Also in study fairly consistency for the weathered rock mass the estimated RQD, which from the Deere described commonly are known moderate, and weak, in cases such as crushed fault zones of minab fault rating very low in quality.

regarding to obtained RQD for permeability of and volume of water, HC experiment model which is based on for parameter containing RQD, DI, GCD & LPI has been used which result contained :

- Estimate of rock mass permeability based on experimental model shows has more permeability for the rock mass effected by minab fault activities in the reservoir and minab fault crush zone.

- Based on obtained permeability from each part in two flanks dam, and flow volume, can be said that rock mass affected of minab fault and crush zone of this fault can be mast significant places, and also rock mass at the base of axis of dam, which has the critical hydraulic gradient is large, and the transfer of significant amounts of water into the river downstream of the dam, are the likely locations and main water leakage.
- Influential of flow volume in the reservoir in the maximum water level, according to the permeability obtained by the HC model, and according to maximum permeability ($2.93 * 10^{-6}$) is equal to 0.062 cubic meters per second, which makes the water leakage 1.98 million cubic meters per year.
- Result according to defined permeability (10^{-5}) shows that flow volume in the reservoir in the maximum water level, according to the permeability obtained by HC model, is equal to 0.29 cubic meters per second, which causes water leakage 9.21 million cubic meters per year.

Keyword: Minab Dam, Minab fault, neo tectonic, permeability rock mass, HC model



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Science

**Investigation of the effects of Neotectonics of Minab fault on the Esteghlal
Damsite and seepage of reservoir**

Mousa Kordavani

Supervisor:

Dr. R. Ramazani Oomali

Advisors:

Dr. N. Hafezi Moghaddas

Janu 2012